



APLIKACE ELEKTRONIKY DO SMART ODĚVŮ

Bakalářská práce

Studijní program: B3107 – Textil
Studijní obor: 3107R004 – Technologie a řízení oděvní výroby
Autor práce: **Jaroslav Lír**
Vedoucí práce: doc. Ing. Antonín Havelka, CSc





APPLICATION OF ELECTRONICS INTO SMART CLOTHING

Bachelor thesis

Study programme: B3107 – Textil
Study branch: 3107R004 – Clothing production technologies and management
Autor: **Jaroslav Lír**
Supervisor: doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jaroslav Lír
Osobní číslo: T11000209
Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: Technologie a řízení oděvní výroby
Název tématu: Aplikace elektroniky do Smart oděvů
Zadávací katedra: Katedra oděvnictví

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte rešerši o Smart oděvech s aplikací čidel a vodivých drah pro monitorovací a objektivní hodnocení stavu nositele oděvů.
2. Odzkoušejte čidlo pro hodnocení teploty a vlhkosti pod sendvičovou vrstvou oděvů při expozitě zvýšenou teplotou.
3. Navrhněte aplikaci elektroniky do speciálních oděvů pro ochranu před zvýšenou teplotou.
4. Zhodnoťte ekonomické a technické aspekty aplikace Vámi navrhovaného řešení.

Rozsah grafických prací: dle rozsahu dokumentace

Rozsah pracovní zprávy: cca 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- TAO, Xiaoming. Intelligent textiles and clothing: technology and applications. Editor H Mattila. Cambridge: Woodhead, 2006, 506 s. ISBN 18-456-9005-2.
- INSTITUTE, Ed. by L. Van Langenhove. The Textile. Smart textiles for medicine and healthcare: materials, systems and applications. 1. ed. Boca Raton, Fla. [u.a.]: CRC Press, 2007. ISBN 978-142-0044-485.
- HAVELKA, Antonín, Milan BAXA. Smart Clothing: 7th Textile Science 2010, Technical University in Liberec, 2010, Czech Republic, ISBN 978-80-7372-635-5
- JAYARAMAN, Sundaresan, Paul KIEKENS a Ana Marija GRANCARIC. Intelligent textiles for personal protection and safety: "smart textiles". Washington, D.C.: IOS Press, c2006, 147 s. ISBN 15-860-3599-1.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.
Katedra oděvnictví

Datum zadání bakalářské práce: 2. listopadu 2013

Termín odevzdání bakalářské práce: 19. května 2014


Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka




doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 2. listopadu 2013

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 19. 5. 2014

Podpis:

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu doc. Ing. Antonínu Havelkovy, CSc za jeho užitečné rady a připomínky, které mi při zhotovení této práce udělil. Dovolte mi, abych poděkovat své rodině za podporu a důvěru ve mně vloženou.

Bibliografická citace práce

LÍR, Jaroslav. Aplikace *elektroniky do Smart oděvů*. Liberec, 2014. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní. Vedoucí práce doc. Ing. Antonín Havelka CSc.

Abstrakt

Tato bakalářská práce má za účel odzkoušet čidlo pro měření teploty a vlhkosti do Smart oděvů pro záchranné složky, konkrétně pro hasičské sbory. Věnuje se aplikací čidel do těchto oděvů a měřením teploty a vlhkosti.

Rešeršní část je teoretická a je zaměřena na Smart oděvy, konkrétně na monitorovací čidla a jejich aplikace do oděvů. Jsou zde uvedeny možnosti propojení jednotlivých elektronických zařízení. Také jsou zde zobrazeny různé výrobky, které se dnes na trhu vyskytují.

Druhá část je experimentální, která se skládá ze dvou částí, První je věnována odzkoušením vybraného čidla, měřením za zvýšené teploty. Druhá část je zaměřena na návrh elektroniky a její aplikace do hasičské bundy. Na závěr jsou zhodnoceny ekonomické aspekty a funkčnost oděvu.

Klíčová slova

Smart oděv, SHT71, hasičská bunda, LCD display, mikroprocesor PIC, vodivá dráha

Abstract

This bachelor work is intended to test the sensor for temperature and humidity measurements in Smart clothing for emergency services. Specifically for fire departments. It deals with applications of sensors in these clothes and measurements of temperature and humidity.

The retrieval part is theoretical and is focused on Smart clothing, specifically on monitoring sensors and their application into garments. Possibilities of connection between the electronic devices are also presented in this part. There is also displayed various products that are now on the market.

The second part is experimental and consists of two parts. The first is related to the testing of the selected sensor and measurements at elevated temperature. The second part focuses on the design of electronics and its applications in firefighting jackets. Economic aspects and functionality of the garment are evaluated at the end.

Keywords

Smart clothes, SHT71, fire jacket, LCD display, PIC microcontroller, conductive path

Obsah

1	Úvod.....	12
2	Cíle práce.....	13
3	Rešerše	14
3.1	Smart oděvy.....	14
3.2	Senzory.....	15
3.3	Princip činnosti jednotlivých druhů senzorů	16
3.3.1	Čidla pro měření teploty.....	16
3.3.2	čidla pro měření vlhkosti.....	17
3.3.3	Medicínské senzory	18
3.3.4	Měření PH	19
3.3.5	Měření plynu	19
3.4	Vodivé dráhy	20
3.4.1	Měděné vodiče	20
3.4.2	Vodivé pásy.....	21
3.4.3	vodivé polymery.....	21
3.4.4	Vodivé nitě	22
3.4.5	Potisk textilie.....	22
4	Praktická část.....	23
4.1	Výběr čidla	23
4.1.1	SHT71	23
4.2	Výroba desek plošných spojů.....	24
4.3	Modul pro měření čidla teploty a vlhkosti	25
4.4	Odzkoušení čidla pod sendvičovou vrstvou	30
4.5	Návrh elektroniky do hasičské bundy	35
4.5.1	Hasičská bunda.....	35
4.5.2	Zobrazovací zařízení na rukávu	36
4.5.3	Řídicí elektronika	42
4.6	Zabudování čidla do oděvu	46
4.7	Použité vodiče	47
4.8	Napájecí zdroj	48
4.9	Nabíjecí adaptér.....	49
4.10	Celkové vypracování elektroniky v oděvu	50
5	Ekonomické zhodnocení	51
6	Zhodnocení technického aspektu aplikace	52
7	Závěr.....	53
	Použitá literatura	54
	Seznam obrázků	57
	Seznam tabulek	57
	Seznam grafů.....	58
	Přílohy	59

Seznam symbolů a zkratk

popř.	popřípadě
DPS	deska plošného spoje
aj.	a jiný
tab.	tabulka
PC	počítač
tzn.	to znamená
obr.	obrázek
č.	číslo
tzv.	tak zvaně
USB	Universal Serial Bus
LED	Light Emitting Diode

1 Úvod

Smart oděvy v dnešní době nabývají čím dál více na významu. Tyto oděvy jsou záležitostí posledních 15 let, dříve totiž nebyla dostatečná technologie a miniaturizace elektronických zařízení, aby mohla být aplikována do oděvů. V dnešní době se čím dál více firem zabývá touto problematikou, velké zastoupení je i u nás. Tyto technologie nacházejí uplatnění v různých odvětvích lidské činnosti, jako jsou např. zdravotnictví, ozbrojené složky, záchranné zbory. Další oblastí, kde lze tuto elektroniku uplatnit jsou oděvy pro sport a běžné nošení. Tyto technologie mají jako hlavní funkci ochranu nositele a zvýšení komfortu při jeho nošení. V dnešní době se objevují i aplikace, které mají spíše funkci estetickou a podléhají módním trendům.

Jedním z důvodů, proč se tímto odvětvím zabývat je velký rozmach technologie a její zájem o ni. V neposlední řadě je to konkurenceschopnost vůči zemím na dálném východě, kde je sice levná pracovní síla ale kvalita neodpovídá požadavkům dnešního trhu.

Tato bakalářská práce popisuje aplikaci elektroniky do Smart oděvů. Rešeršní část se zabývá aplikací čidel do Smart oděvů a jejich používáním. V další části jsou jednotlivá čidla konkrétně popsána i s vysvětlením principů jejich činnosti. Také jsou zde uvedeny některé výrobky, které se již na trhu vyskytují. Následující část je věnována vodivým drahám. Jsou zde uvedeny technologie, které se dnes vyskytují a jejich možná aplikace do oděvů. Praktická část je zaměřena na dvě části. První část je věnována odzkoušením vybraného čidla pro měření teploty a vlhkosti pod sendvičovou vrstvou oděvu za zvýšené teploty. V první části je popsáno zapojení čidla do obvodu a ovládací program. Druhá část je věnována návrhu elektroniky, která byla aplikována do hasičského oděvu pro měření teploty a vlhkosti pod oděvem. Jsou zde popsány jednotlivé komponenty, které výsledný výrobek obsahuje. Součástí jsou schémata zapojení, návrhy DPS a popis princip činnosti jednotlivých bloků. V závěrečné části se zabývá ekonomickým a technickým aspektem celé aplikace.

2 Cíle práce

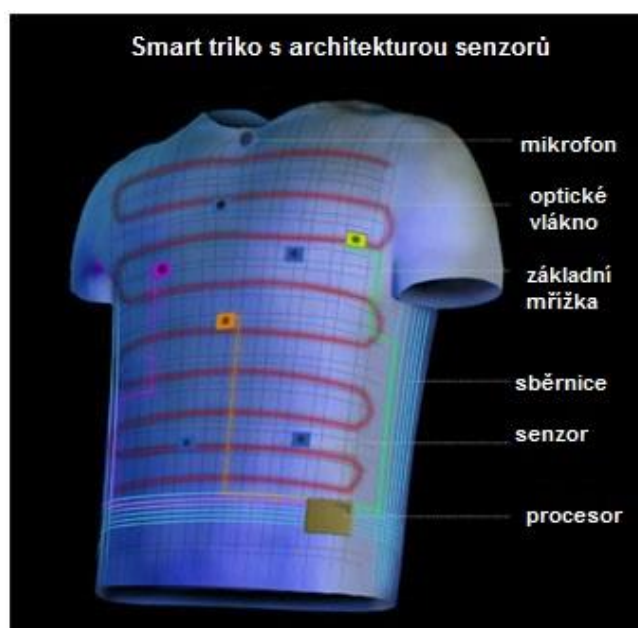
Cílem bakalářské práce bylo vytvořit aplikaci elektroniky do Smart oděvu se zaměřením na hasičské oděvy. Ty mohou obsahovat nejrůznější senzorky a elektroniku popisující monitorovací a objektivní hodnocení hasiče. Všechny informace, které jednotlivá čidla získávají, mohou být zobrazovány hasičovi různými způsoby na obleku. Ať už se jedná o zobrazování na displej nebo při jednodušších aplikacích zahrásit hasičovi nebezpečí rozsvícením varovných LED diod. Ty poté mohou informovat nejen samotného hasiče, ale například i jeho kolegy, pro případ, že by si toho dotyčný hasič nevšiml. Zároveň je možné jednotlivé údaje o monitorovacím a objektivním hodnocení stavu hasiče zasílat na centrální stanoviště, kde mohou být vyhodnoceny a hasiče upozornit na případné nebezpečí. Tato bakalářská práce popisuje čidlo na měření teploty a vlhkosti, které je uvnitř oděvu. Čidlo obsahuje prvky, které zajišťují měření obou veličin najednou. Výsledkem je integrace, lepší výroba a manipulace a menší náklady na výrobu. Konkrétní hodnoty tohoto čidla se zobrazují hasičovi na displej, který je umístěn na předloktí a při překročení nebezpečných hodnot teploty uvnitř oděvu se rozsvítí červená LED dioda. Pokud hasičovi žádné nebezpečí nehrozí, svítí zelená LED dioda. Zároveň se bakalářská práce zaměřuje na vodivé dráhy v oblecích, které mohou být vytvořeny pomocí vodivých nebo polymerových nití, vodivým textilním páskem nebo potiskem. Zde bylo použito jiné řešení, které je realizováno elektrickým kovovým vodičem vsazeným do švu oděvu. Součástí bakalářské práce je i celková realizace speciálního oděvu pro ochranu před zvýšenou teplotou, ve kterém je i myšleno na případné rozšíření měřených veličin v oděvu. Čidlo je odzkoušeno pod sendvičovou vrstvou oděvu za působení vyšší teploty. Výsledky tohoto měření jsou statisticky zpracovány.

3 Rešerše

3.1 Smart oděvy

Smart oděvy využívají digitální komponenty a elektroniku zabudovanou v oděvu. Mohou sloužit k osobní ochraně zdraví a monitorování stavu člověka, pro bezpečnost člověka či pro jeho zábavu.

Smart oděvy můžou informovat o základních fyziologických vlastnostech člověka jako je: Teplota, míra pocení (vlhkost), dýchání, tep, tlak, EKG a dalších. To lze využívat například ve vojenském prostředí, v hasičských či policejních sborech a kdekoli jinde, kde vzniká nebezpečí, že by mohlo dojít k vážnému ohrožení života zasahující osoby. Zároveň široké využití Smart oděvů se nachází ve sportu například při běhání či jízdě na kole, kde chceme být o našem fyzickém stavu informováni. Mohou se stát významným ochranným prvkem například za snížené viditelnosti, kdy mohou informovat ostatní o přítomnosti osoby v okolí. Dnes se může do oděvu aplikovat i menší elektronika jako je mobilní telefon, mp3 přehrávač, hry a v budoucnu možná i určitá miniplatforma notebooku či tabletu. Mohou vyhřívat tělo použitím odporových drátů zašitých v oblečení nebo vložením vyhřívacích plátů. V textilním průmyslu mají Smart oděvy velký potenciál. [1]



Obrázek 1 Smart tričko s architektonikou senzorů převzato z [2]

Digitální komponenty a elektronika mohou být do oděvu všity a neoddělitelně spojeny s textilním materiálem nebo mohou být části elektroniky odnímatelné pro jejich snazší manipulaci a čištění, pro nižší náklady na výrobu a menší složitosti technologie.

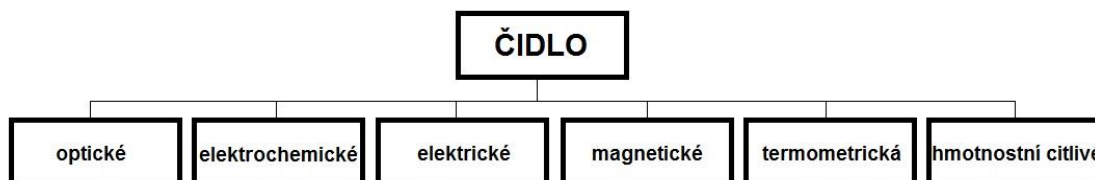
3.2 Senzory

Senzor je pasivní funkční prvek, který je vstupem do měřicího systému. Senzor může být s měřenou veličinou v kontaktu přímo ale i nepřímo. Hlavní část senzorů je označována jako čidlo, které bývá doplněno o další prvky, jako jsou např. převodníky. Bývá jako hlavní zdroj informací měřených veličin a to fyzikálních, chemických i biologických. Tyto veličiny potom převádí na jiný signál, který je dále přenášen kontaktně po vodivých drahách nebo bezkontaktně pomocí Wi-Fi nebo Bluetooth a může být zobrazován, vyhodnocován či jinak zpracováván. [3]

Senzory lze rozdělit do několika skupin. Podle způsobu získávání měřené veličiny se rozdělují na senzory odporové, indukční, induktivní, kapacitní, magnetické, piezoelektrické, optoelektronické, chemické a biomedicínké. Dle způsobu provedení lze rozdělit na elektrické, elektronické, mechanické, chemické, polovodičové, optické aj. [3]

Protože senzory v oděvech jsou po většinu dne v kontaktu s lidskou pokožkou, nesmí v jejich materiálovém složení být žádné toxické ani dráždivé látky, které by měly neblahý účinek na lidské zdraví. Dalším důležitým aspektem je velikost a umístění senzorů, aby při běžném nošení bylo zajištěno pohodlí nositele. Zároveň musí být odolné vůči mechanickému a chemickému poškození a dalším vlivům okolního prostředí. Zejména tento problém nastává při vlastním čištění celého Smart oděvu, kdy při chemickém čištění může dojít k chemickému i mechanickému poškození senzoru a celého Smart oděvu.

Senzory ve Smart oděvech se dělí na dvě základní kategorie a to senzory elektrické klasické a senzory textilní. Klasický eklektický senzor je elektronická součástka, která se používá i v jiných aplikacích než v oděvech, do oděvu se zabudovává externě. Textilní senzory jsou přímo určeny do oděvů, při jejich výrobě se přímo zabudovávají do textilie a stanou se její nedílnou součástí.



Obrázek 2 rozdělení čidel. převzato z [4]

3.3 Princip činnosti jednotlivých druhů senzorů

3.3.1 Čidla pro měření teploty

Teplota je fyzikální veličina, jejíž základní jednotka je 1K. V praxi se využívají jiné jednotky, nejčastěji °C a °F. Sensory teploty se rozdělují dle způsobu měření na dotykové, kam patří elektrické a dilatační a bezdotykové, kam se řadí tepelné a kvantové.[5]

Odporové kovové

Vlivem zahřívání kovu se atomy v krystalické mřížce rozkmitávají, tím se zvětšuje odpor průchodu tzv. elektronového plynu. Důsledkem tedy je, že při zvyšující se teplotě roste elektrický odpor a tím se snižuje průchod elektrického proudu. Hodnotu proudu lze převést na hodnotu teploty. Odporová čidla se vyrábí z různých materiálů, nejpoužívanější a nejpřesnější je platina, mezi dalšími se používají nikl a měď. Závislost lze v rozsahu teplot 0 až 100 °C vyjádřit přibližným vztahem: [5], [6]

$$\Delta R = R_0 \alpha \Delta T \quad (1)$$

Kde: ΔT je změna teploty, α je teplotní součinitel odporu, ΔR je změna elektrického odporu.



Obrázek 3 teplotní čidlo pt100 převzato z [7]

polovodičové

Změnou elektrického odporu dochází ke změně koncentrace elektronů. Nejčastějším používaným polovodičovým materiálem je křemík, případně germanium. Polovodičové senzory se dělí na termistory a monokrystalické snímače. Termistory se dále dělí na NTC (Negative Temperatur coefficient) a PTC (Positive Temperatur Coefficient). [5]

termočlánky

Základním principem termočlánku je spojení dvou odlišných kovů, které se spojují v jednom bodu. Při změně teploty na spojeném bodu vzniká elektrické napětí, které lze jednoduše převést na hodnotu teploty. Tyto termočlánky mají sice větší menší přesnost, ale ta je vykompenzována velkým tepelným rozsahem, který dokážou změřit. [8]



Obrázek 4 termočlánek převzato z[9]

3.3.2 čidla pro měření vlhkosti

Vlhkost je fyzikální veličina, která se udává dvěma způsoby. První je absolutní vlhkost, která udává množství vodních par ve vzduchu, udává se v Kg/m^3 . Druhá je relativní vlhkost, která udává poměr hmotnosti vodních par vůči parám nasyceného roztoku, udává se v %.[10]

dilatační hygrometry

Tato metoda je založena na roztažnosti látek vlivem vlhkosti. Jako materiál se používají organické látky, jako jsou např. živočišné membrány či lidské vlasy. Tato metoda není příliš přesná, dochází k nelinearitě průběhu.[10]

odporové hygrometry

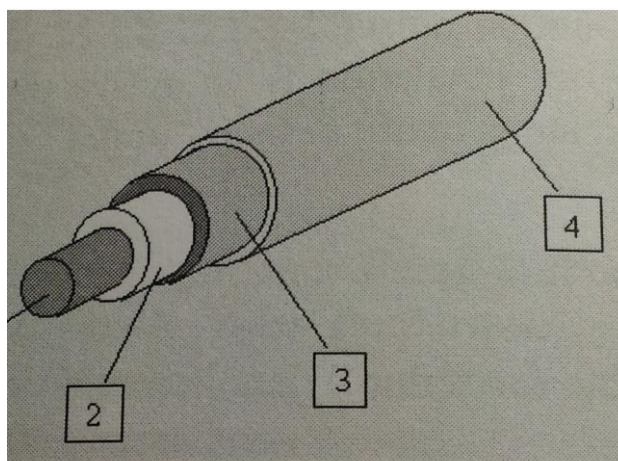
Tato metoda je založena na principu elektrické vodivosti elektrolytu. Součástka se skládá z nevodivé trubičky, která je potažena tkaninou, která obsahuje dvě elektrody. Tkanina je napuštěna tekutinou složenou z LiCl. Při přivedení střídavého elektrického proudu se začne kapalina odpařovat, tím se změní teplota. Teplota se měří uvnitř trubičky a z ní je vyhodnocována vlhkost.[10]

kapacitní hygrometry

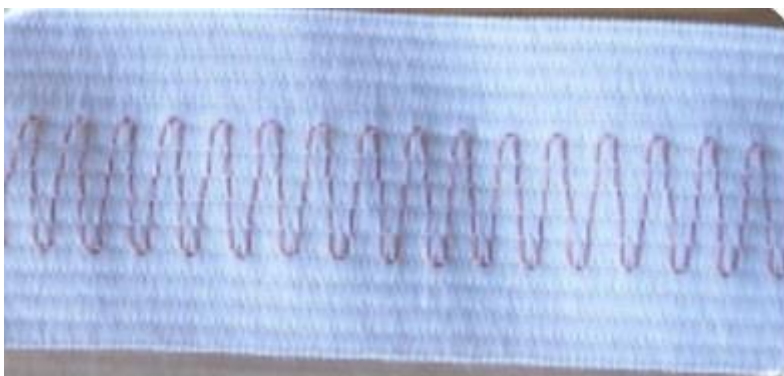
Princip je založen na deskovém kondenzátoru, kde vlivem vodních par v ovzduší se mění dielektrikum. Dielektrikum je z polymeru s hygroskopickými vlastnostmi. Polymer vlivem vlhkosti mění vlastnosti dielektrika, ty se dají vyhodnotit změnou kapacity kondenzátoru, která se dále převede na hodnotu vlhkosti.[10]

3.3.3 Medicínské senzory

Medicínské senzory používané ve Smart oděvech se stále více a více vyvíjejí a vylepšují. Již nyní můžeme narazit na čidla měřící tepovou frekvenci. Ty mohou mít využití například v armádě medicíně či sportu, kde se měří textilním proužkem, který je umístěn na těle a měří chvění těla. Jiné senzory dokáží měřit frekvenci dýchání člověka. Dýchací frekvence je jedna z nejdůležitějších fyziologických indikátorů. Čidla jsou vyrobeny z optických, piezoelektrických a elektrokonduktivních vláken, které jsou všity do oděvu. Optická vlákna nejsou „klasická“, která se používají pro přenos signálu například v telefonních a počítačových sítích, ale jsou to optická vlákna sloužící pro přenos informace na krátkou vzdálenost. Indikují změny vnějších polí a jsou nejčastěji vyráběny na základě křemíku nebo speciálních polymerů. Piezoelektrické vlákno se skládá ze čtyř vrstev. První vrstva je vnitřní elektroda vyrobená z polovodičového polymeru, druhá vrstva je z vinyliden polyfluoridu (PVDF). Třetí vrstva je měděný vodič spojený s jedním ze dvou vodičů. Čtvrtý prvek je izolace. [11]



Obrázek 5 optické vlákno převzato z[11]



Obrázek 6 čidlo pro měření dechu převzato z[12]

3.3.4 Měření PH

Senzor měří pH lidské kůže. Jeho hodnota se pohybuje od 4.5 – 5.5 pH, je tedy mírně kyselé. Hodnota pH je definována jako záporně vzatý dekadický logaritmus aktivity oxoniových kationtů. [13]

Kyselost: $\text{pH} = -\log(a(H_3O^+))$

Kde a je aktivita H_3O^+

3.3.5 Měření plynu

Senzory na měření plynu zpravidla nedokážou měřit a rozpoznat jednotlivé chemické složky plynu, tudíž je nutné pro jednotlivé složky použít různé druhy senzorů. Při požáru je nejčastějším prvkem v ovzduší oxid uhelnatý (CO). Senzory, které mohou oxid uhelnatý měřit jsou například mobilní analyzátory založené na infračervené spektrometrii, případně

termochemické nebo elektrochemické analyzátory. Ty měří koncentraci oxidu uhelnatého, který vzniká při spalování uhlíkatých paliv za nízké teploty za nedostatku vzduchu (kyslíku), kdy nedochází k úplné přeměně spalin na oxid uhličitý nebo vodní páru. Oxid uhelnatý je možno také detekovat detekční trubičkou, které mohou sloužit k rozpoznání nebezpečného plynu ve vzduchu.[14], [15]



Obrázek 7 čidlo pro měření plynu převzato z [16]

3.4 Vodivé dráhy

3.4.1 Měděné vodiče

Základní a nejjednodušší možností, jak spojit jednotlivé elektronické součástky v oděvu je použití vodičů z elektricky vodivých materiálů. Tyto vodiče se skládají ze dvou částí a to z jádra a obalu. Jádro je tvořeno elektricky vodivým materiálem, nejčastěji mědí. Obal je tvořen dielektrikem, které se vyrábí z různých materiálů z hlediska jejich použití. Jsou to materiály odolné proti chemikáliím např. polymery, odolné vůči vysoké teplotě např. silikonové aj. Tyto vodiče lze rozdělit do dvou kategorií. První jsou dráty, které se používají na vedení, kde nedochází k mechanickému namáhání. Tyto vodiče nejsou praktické pro použití do oděvů. Druhou skupinou jsou lanka. Tyto vodiče jsou určeny pro cyklické mechanické namáhání.

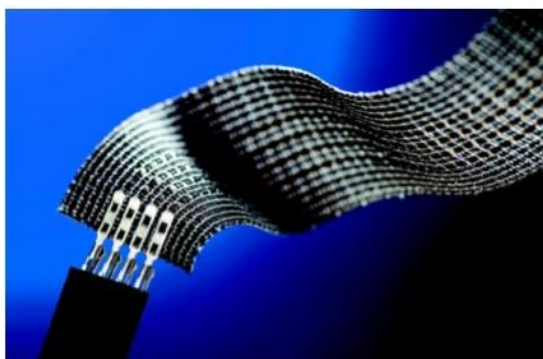
Existují různé druhy způsobu provedení vodičů, které lze do oděvu zkompletovat. Základní způsob je použití jednotlivých vodičů. Dalším praktičtější způsobem je použití páskových vodičů, které se dělají s různým počtem žil. Poslední způsob je použití tzv. flexi pásek, které jsou sice velice tenké, ovšem jejich mechanická odolnost je malá.



Obrázek 8 páskový vodič

3.4.2 Vodivé pásy

Další možností, jak spojit elektroniku zabudovanou do Smart oděvu jsou tkané vodivé pásy. Do tkaniny je všito i několik vodičů najednou. Vodivost závisí na vnitřním uspořádáním elektronů v materiálu, ze kterého je vodič vyroben. Vodiče se vyrábějí nejčastěji z poniklované oceli, pozinkované oceli nebo z pocínované mědi. Vodiče jsou odolné vůči mechanickému poškození. [17]



Obrázek 9 vodivý textilní pásek převzato z [18]

3.4.3 vodivé polymery

Elektrická vodivost vodivých polymerů je srovnatelná s vodivostí anorganických polovodičů a pohybuje se v rozmezí $0,01\text{--}30\text{ S cm}^{-1}$. Mezi nejčastěji používané polymery, které jsou vodivé, patří polypyrrol, polyacetylen a polyanilin. Klíčovou vlastností, proč jsou polymery vodivé, je přítomnost konjugovaných dvojných vazeb podél hlavního řetězce polymeru. Dále jsou do materiálu vneseny nosiče náboje ve formě elektronů nebo děr. Tomuto způsobu se říká dopování polymerů, které může být chemické nebo elektrochemické. Při chemickém redukčním dopování pro přidání elektronu (n-dopování) se využívá reakce polymeru s redukčními činidly, kterými jsou nejčastěji alkalické kovy. Při chemickém oxidačním dopování pro odebrání elektronu (p-dopování) a vzniku díry se využívá reakce polymeru s oxidačními činidly jódem nebo bromem. U elektrochemického dopování se využívá jev elektrolýzy, kdy se do elektrolytu ve kterém je polymer nerozpustný, vloží pracovní elektroda a rozdílem elektrického potenciálu mezi pracovní a referenční elektrodou

způsobí vznik iontu molekuly polymeru a tím se přidá (n-dopování) nebo odebere elektron (p-dopování). Při odebrání elektronů vznikají díry odpovědné za vodivost jako u polovodičů [19], [20]

3.4.4 Vodivé nitě

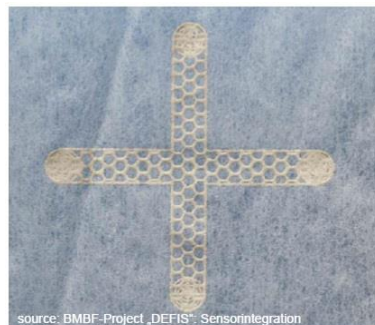
Existují i vodivé nitě, které jsou vyrobeny z kovových vláken ze stříbra, niklu nebo mědi. Je to jedno z řešení, jak propojit elektroniku ve Smart oděvu. Mohou přenášet elektrický proud pro napájení i signály k jednotlivým součástkám. Na rozdíl od nití z nerezové oceli mají stříbrné nitě menší průměr. Vlákná mají většinou syntetické nebo bavlněné jádro. [21]



Obrázek 10 vodivá nit, převzato z [22]

3.4.5 Potisk textlie

Tato technologie je založena na principu tisku vodivých drah přímo na textilií. Pomocí této technologie lze tisknout celé plošné spoje i s některými součástkami, jako jsou např. čidla. Při výrobě musí být zajištěna dobrá izolace, která zabrání oxidaci měděných drah a odolnost proti mechanickému poškození.



Obrázek 11 potisk vodivou drahou převzato z [18]

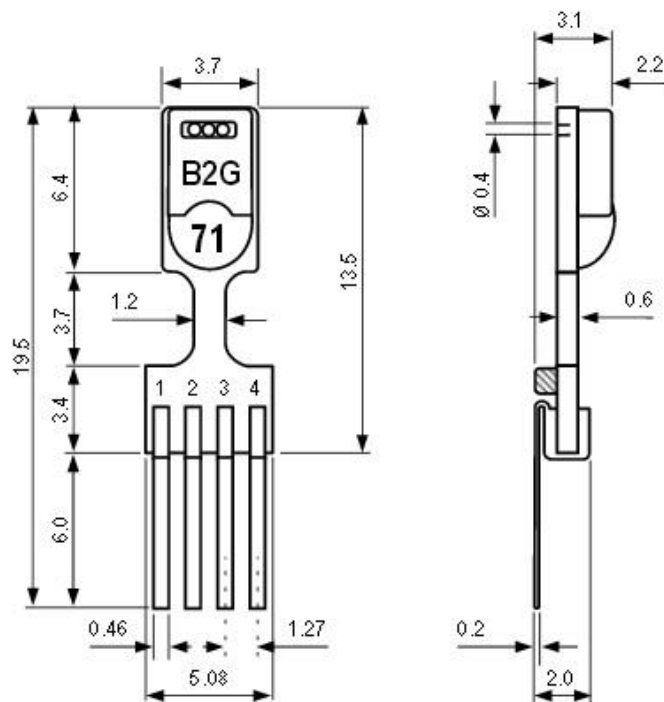
4 Praktická část

4.1 Výběr čidla

V dnešní době se dělá velký počet druhů senzorů pro měření teploty a vlhkosti. Zde nastává problematika, že senzory jsou buď velké nebo neumí měřit obě fyzikální veličiny najednou. V důsledku toho byl vybrán senzor od firmy Sensirion SHT71.

4.1.1 SHT71

Tento senzor pro měření teploty a vlhkosti vyniká některými parametry jako jsou např. malé rozměry, velká přesnost měření, nízké nároky na elektrickou energii a schopnost měřit obě veličiny najednou. Senzor je nakalibrován od výrobce. Senzor se vloží do klimatizované komory, provedou se příslušná měření a nastavení se uloží do paměti OTP na čipu. Základní parametry tohoto čidla jsou uvedeny v tabulce viz. tab. 1. Pouzdro se skládá z čipu, měřicí destičky, externího kondenzátoru a připojovacích pinů. Měřicí deska se skládá z mědi a niklu, to má za následek přesnější měření. Externí kondenzátor je integrován na zadní stranu pouzdra, jehož funkce je blokační a jeho hodnota je 100pF. Připojovací piny se skládají z mědi a berylia. Měření teploty funguje na principu změny odporu na teplotě, to znamená čím vyšší teplota, tím se elektrický odpor zvyšuje a naopak. Měření vlhkosti je zajištěno na principu deskového kondenzátoru. Vlivem vlhkosti se mění vodivost dielektrika a tím se mění i výsledná kapacita. Toto čidlo je digitální a funguje na 14 bitovém rozhraní. Interní čip obsahuje zesilovač a A/D převodník, přesto výrobce doporučuje datový signál posílit. Výstupní piny jsou čtyři, z nich dva jsou napájecí a zbylé dva slouží ke komunikaci s řídicí elektronikou. Komunikace funguje na podobném rozhraní, které se nazývá I2C, ale komunikační protokol je odlišný. Jeden pin je určen pouze jako vstup, po kterém jsou posílány hodiny(SCK), které synchronizují přenos dat. Minimální frekvence těchto impulsů není dána, je pouze doporučena. Druhý pin je obousměrný, po kterém jsou přijímána a odesílána data(DATA). Přijímání a odesílání dat reaguje na náběžnou hranu hodinových impulsů. Data, která přijdou do mikroprocesoru neodpovídají skutečným hodnotám teploty a vlhkosti, musí být převedena na reálnou hodnotu dle příslušných vzorců, které jsou uvedeny v katalogovém listu. [23]



Obrázek 12 technický nákres SHT71 převzato z [23]

	min	max
napájecí napětí	2,4V	5,5V
proudový odběr	1 μ A	1,5 μ A
měřený rozsah teploty	-40°C	123,8°C
měřený rozsah vlhkosti	0%	100%
odchylka měření teploty	$\pm 0,4^\circ\text{C}$	
odchylka měření vlhkosti	$\pm 3\%$	
frekvence synchronizace	0Hz	5MHz

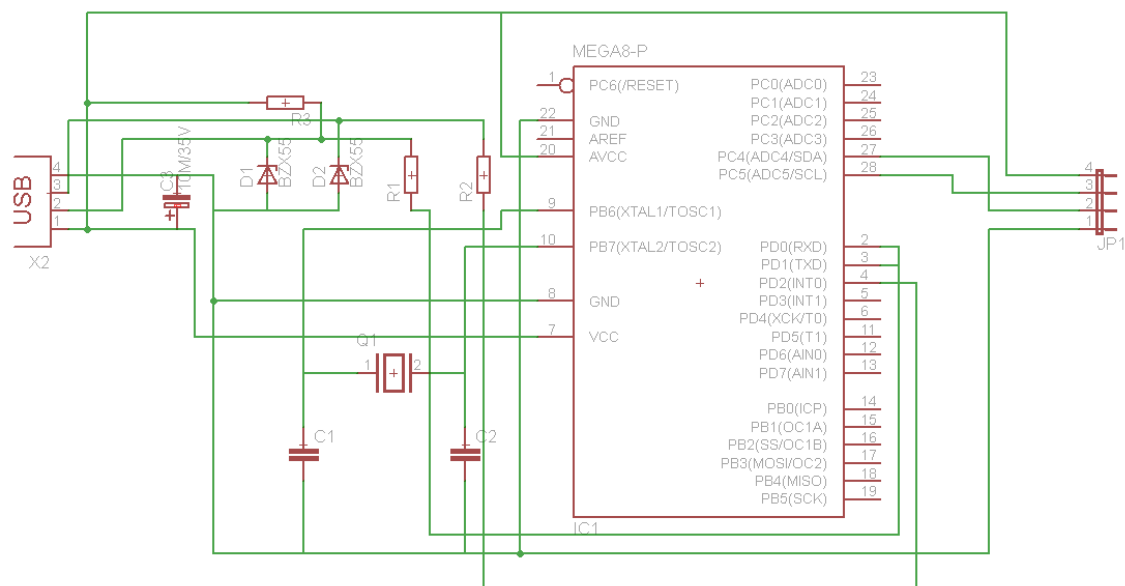
Tabulka 1 technické parametry SHT71 převzato z [23]

4.2 Výroba desek plošných spojů

Veškeré desky plošného spoje, které byly vyrobeny pro tento projekt, byly zhotoveny pomocí osvitů. Tato technologie umožňuje přesné vyrobení vodivých cest i s možností popisku vývodu či pinů.

4.3 Modul pro měření čidla teploty a vlhkosti

Tento modul pracuje jako rozhraní mezi senzorem SHT71 a počítačem. Tento modul sbírá data ze senzoru, převádí je na použitelná data a zajišťuje komunikaci s programem v počítači. Propojení mezi senzorem a modulem je pomocí čtyř vodičů. Počítač a modul je propojen rozhraním USB. Na obrázku č. 13 je uvedeno schéma zapojení celého obvodu.



Obrázek 13 schéma zapojení modulu

Základním prvkem celého schématu zapojení je mikroprocesor od firmy Atmel, jehož obchodní označení je ATmega8. Je to 8bitový mikrokontrolér založený na mikroprocesoru AVR. Jádro obsahuje 32 instrukční sadu, které se všeobecně dají použít jako registry. Pouzdro je 28 pinové, kde byl použit typ THT. K napájení se využívá čtyř pinů, dva jako póly kladné a to s označením VCC a AVCC. Zbylé dva jsou póly záporné s označením GND. Celé zařízení je napájeno z počítače pomocí portu USB. Tento mikrokontrolér má v sobě zabudované A/D převodníky. Vstupy a výstupy jsou dvojího druhu a to digitální a analogové. Vstupně-výstupní piny jsou rozděleny do tří skupin. Zapojení viz. schéma výše využívá skupinu pinů PC. V tabulce č. 2 jsou uvedeny základní parametry tohoto mikrokontroléru. Tento mikroprocesor se programuje pomocí programátoru AVR, ovládací program se používá např. Pony prog, který je nejznámější, ale mohou se použít i jiné. Nedílnou součástí je i program, který převede zdrojový kód do šestnáctkové soustavy.[24] [25]

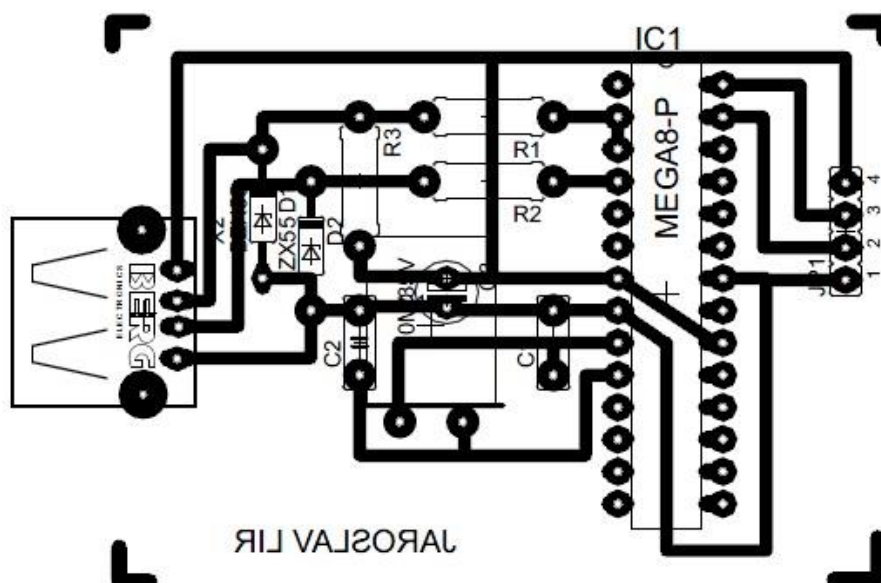
Piny, které se používají na naprogramování tohoto mikroprocesoru jsou následované: GND, SCK, MISO, MOSL a RESET. Tento mikrokontrolér je velmi známý, nejen pro jeho dobré vlastnosti ale i pro jeho univerzálnost použití.

organizace paměti Flash	8k*8bit
kapacita paměti EEPROM	512b
kapacita paměti SRAM	1024b
kmitočet taktování	20MHz
počet vstupů/výstupů	23
počet kanálů PWM	6
počet 8-bit čítačů	2
napájecí napětí	1,8-5,5V

Tabulka 2 technické parametry procesoru Atmega 8 převzato z[25]

K mikroprocesoru je připojen řídicí krystal, který určuje taktovací frekvenci. Jeho hodnota je stanovena na 12MHz. Mezi oběma vývody krystalů a GND jsou připojeny blokační keramické kondenzátory, které mají hodnotu 27pF. Na napájecím napětím je připojen kondezátor o hodnotě 10μF, který zajišťuje stabilitu tohoto napětí. K zajištění komunikace mikroprocesoru s počítačem jsou určeny dva datové vodiče, které jsou součástí USB a jsou označovány jako D+ a D-. Na každém z těchto vodičů jsou připojeny vůči zemi zenerové diody, které zajišťují stabilitu napětí přenášených dat a jejich hodnota je 3,6V. Sériově mezi port USB a mikroprocesor jsou vloženy rezistory, které slouží jako ochrana portu. Odporová hodnota je 68Ω. Z kladného pólu napájecího napětí je přes rezistor o hodnotě 1,5KΩ přivedeno napětí na datový pin USB D-. Toto napětí posiluje sílu signálu, který by na delší vzdálenost mohl být zeslaben na takovou úroveň, že by se nedala data přečíst.

Schéma návrhu i realizace byla provedena pomocí programu Eagle. Tento program podporuje návrh elektrických schémat a jeho následnou realizaci na DPS.

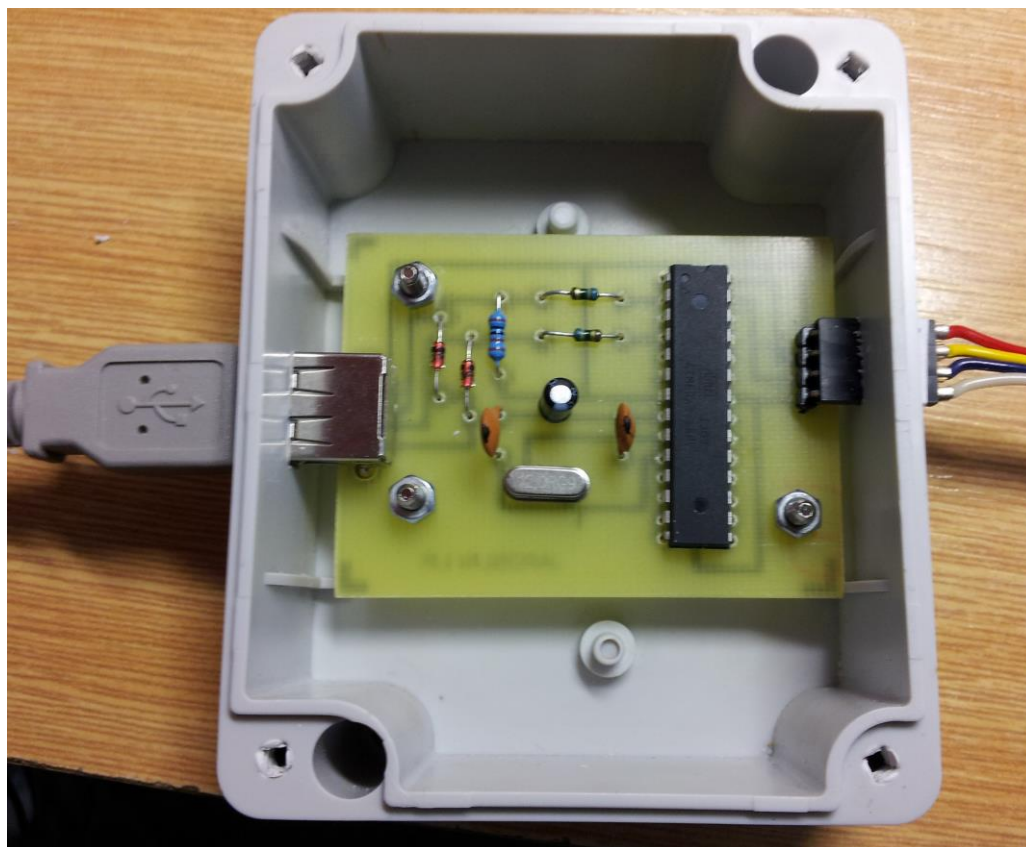


Obrázek 14 DPS modulu

Veškeré komponenty, které byly použity na výrobu této desky byly objednány z firmy TME Electronic Component. Při výběru součástek byly zohledněny technické parametry jako je jejich velikost, elektronické nároky a jejich mechanická odolnost. Rezistory byly vybrány z řady E24, kde jejich tolerance je $\pm 5\%$. Výkonové zatížení bylo stanoveno na 0,6W. Zenerovy diody byly vybrány s výkonovým zatížením 0,5W. Kondenzátory byly dvojího druhu. Vyhlašovací kondenzátor byl elektrolytický s axiálním pouzdrům a byl dimenzován na napětí 16V. Blokační kondenzátory byly zvoleny keramické, dimenzované na jmenovité napětí 50V. Konektor USB byl vybrán typ A. Druh konektoru byl vybrán typ samice, aby bylo možné propojení kabelem s počítačem. Konektor obsahuje dva kolíky, které se připojují na předem připravené plošky a tím dochází k vyšší mechanické odolnosti. Poslední konektor, který je zde použit je kolíková lišta, která slouží k připojení čidla. Lišta obsahuje čtyři připojovací piny. Veškeré komponenty, které byly použity jsou typem součástek THT,

Návrh byl vyhotoven na jednostrannou DPS. Tloušťka mědi na desce byla zvolena 17 μ m.

Zhotovený modul



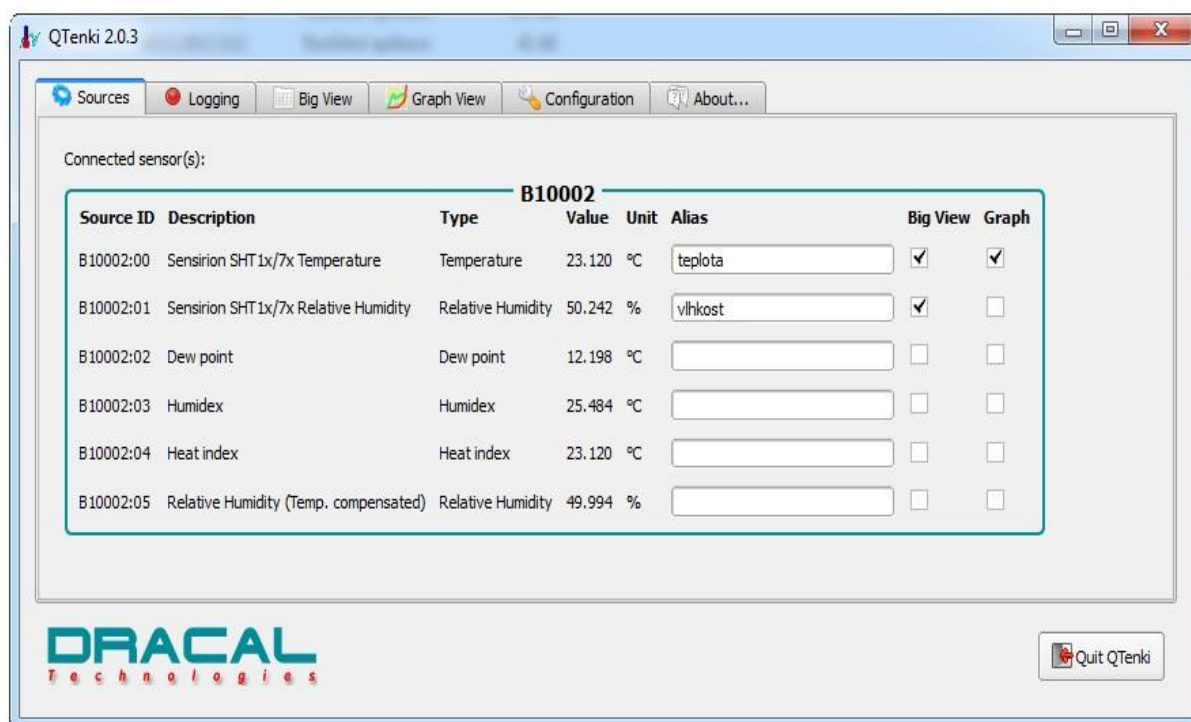
Obrázek 15 zhotovený modul

Celý modul je uložen v plastové krabičce, kvůli jeho mechanické odolnosti a estetickému vzhledu. Krabička byla vybrána vzhledem k velikosti DPS a odpovídá těmto rozměrům: $x=60\text{mm}$, $y=65\text{mm}$ a $z=40\text{mm}$. Do stěn krabičky byly vyhotoveny otvory pro připojení konektorů. Jeden otvor byl přesně vytvarován na konektor USB typ A. Druhý byl vyhotoven ve tvaru proti kusu do kolíkové lišty. Možnost odpojení kabelů má jednak funkci estetickou a jednak praktickou, při poruše vedení či zničení připojeného čidla je lze jednoduše odpojit a vyměnit za jiné kusy. DPS je ke krabičce připojena pomocí kovových distančních sloupků. Propojovací kabel USB byl použit typ A-A, jeho délka dosahuje 1,5m. Vodiče, které propojují modul s čidlem jsou čtyři, dosahují délky 50cm, na jedné straně jsou opatřeny konektorem do kolíkové lišty, na druhé straně jsou přímo zapájeny na čidlo. Průřez vodičů je 0,7. [26]

Ovládací program

Tento program byl převzat z [24]. Verze programu která byla použita pro odzkoušení čidla za zvýšené teploty je Qtenki-2.0.3. Použitý program umí zobrazovat aktuální hodnoty,

kteře jsou zasílány z modulu. Zobrazuje teplotu, relativní vlhkost, rosný bod, teplotní index. Aktualizace dat probíhá každou sekundu, lze však nastavit nižší vzorkovací rychlost. Lze také nastavit, které fyzikální veličiny se budou zobrazovat na hlavní obrazovce. Součástí je možnost ukládat data do souboru. Velkou výhodou této verze je zobrazování dat pomocí grafu. Graf lze exportovat do souboru jako obrázek. [24]

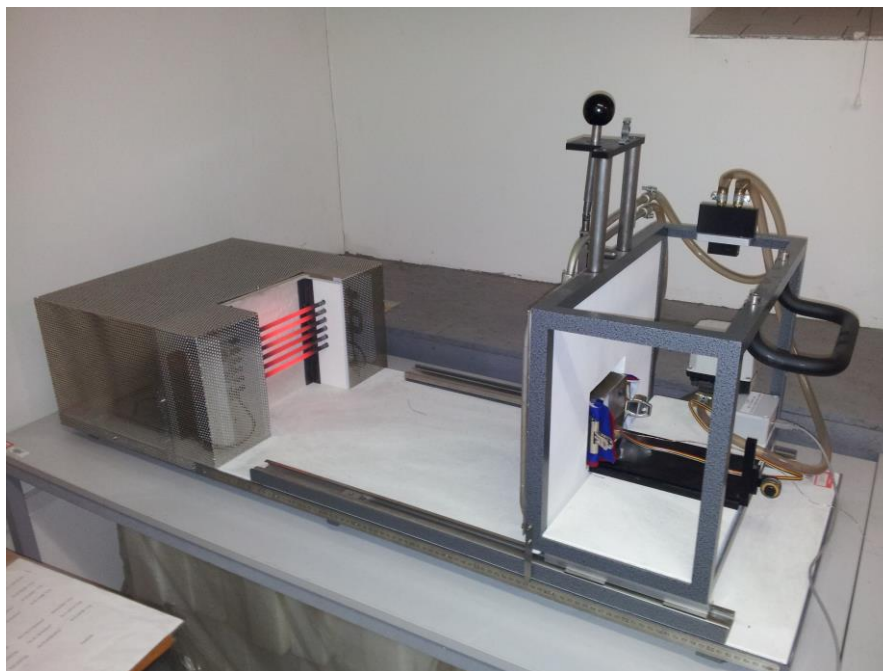


Obrázek 16 ovládací program

4.4 Odzkoušení čidla pod sendvičovou vrstvou

Měření bylo provedeno v laboratoři na katedře oděvnictví. Vystavení expozici zvýšené teploty bylo provedeno na přístroji, který simuluje sálavé teplo. Na obrázku č. 17 je vyobrazeno měřicí stanoviště. Toto zařízení se skládá ze zdroje sálavého tepla, kterými jsou topné spirály. Dále je tam posuvný vozíčkový systém, který umožňuje nastavit vzdálenost vzorku od zdroje tepla. Poslední součástí je chladicí systém, který zajišťuje ochlazení teplem namáhaných součástí. Na zařízení lze nastavit dva výkonové stupně.

Odzkoušení čidla pro měření teploty a vlhkosti spočívala ve třech po sobě jdoucích měřeních, s přestávkou na ochlazení zařízení. Pro porovnání přesnosti měření bylo k tomuto čidlu přidáno další čidlo. Čidla fungují na odlišných principech, čidlo SHT71 je odporové čidlo, zatímco druhé čidlo byl termočlánek. V tabulce č. 3 jsou porovnány parametry obou čidel. Sendvičová vrstva se skládala ze tří částí, které simulovaly oděv na člověku. Byla to vrchová vrstva, vložková vrstva a vrstva simulující triko. V tabulce č.4 jsou popsány druhy použitého materiálu a jejich základní vlastnosti.



Obrázek 17 měřicí stanoviště

	SHT71	SA1-T
měřené veličiny	teplota, vlhkost	teplota
teplotní rozsah	-40;123,8°C	-250;400°C
měřicí odchylka	±0,4°C	±1,5°C

Tabulka 3 parametry čidel převzato z [23],[8]

	název	druh	plošná hmotnost (g/m ²)	tloušťka(mm)
vrchová vrstva	kevlar	tkanina	1000	0,67
vložková vrstva	fleece	tkanina	430	0,65
vrstva simulující triko	bavlna	pletenina	170	2,76

Tabulka 4 parametry vrstev

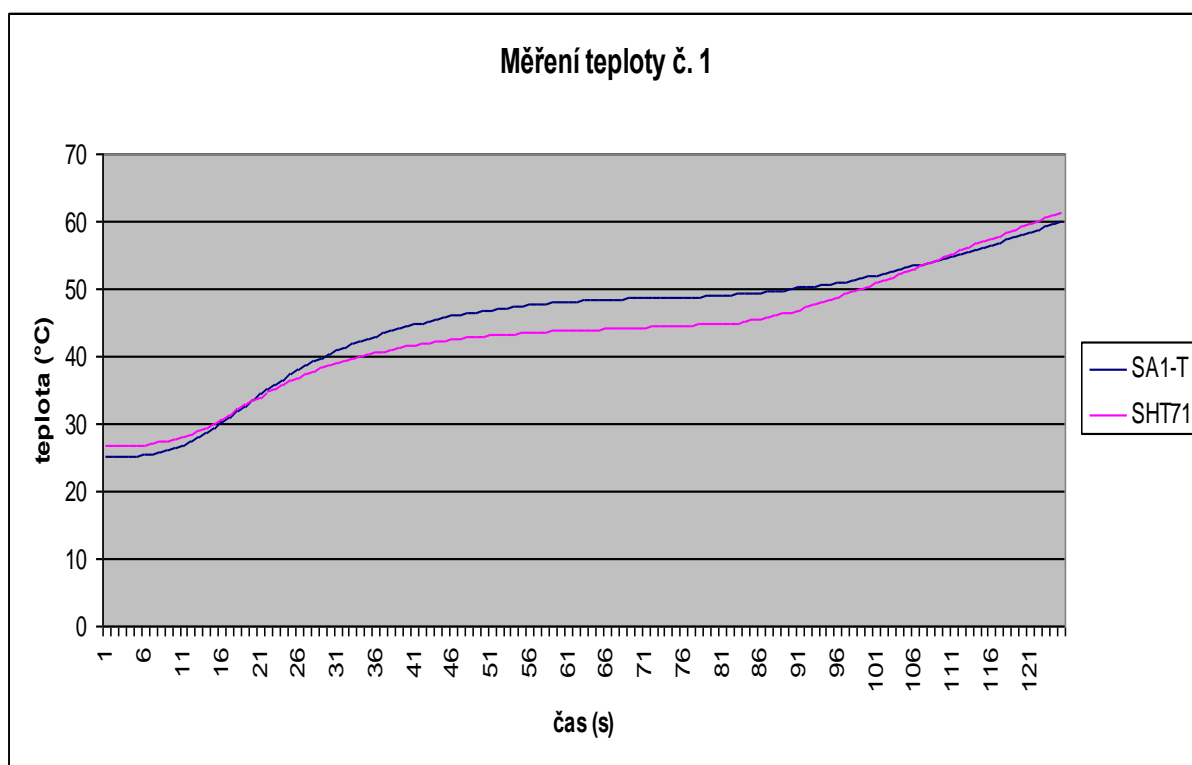
Všechny tři vzorky se nastříhaly na velikost vkládacího rámečku, tj. 9x23cm. Vzorky se vkládali v pořadí a to kevlar, fleece, vrstva trika (řazeno od zdroje sálající teplo). Vzorky byly uchyceny pomocí klipsů, z toho z jedné strany byly připevněny k závaží, aby byly vzorky napnuté stejnou silou. K poslední vrstvě byla přišita a následně přilepena obě čidla, aby jejich měřicí plochy se dotýkaly poslední vrstvy. Nakonec se rámeček umístil do pojezného vozičku a zapnulo se chlazení a zahřívání. V první fázi bylo nutné odzkoušet na jakou vzdálenost a jaký stupeň zahřívání použít, aby expanze tepla byla optimální. Po několika zkušebních měřeních bylo zjištěno, že nejlepší varianta je vzdálenost 40cm a výkon zářičů na druhý stupeň tj. 9,187KW/m. Na obou měřicích stanovištích byl sesynchronizován čas, aby hodnoty z jednotlivých čidel odpovídaly v čase. Měření se zahájilo odkrytím krycí desky před vzorky a spuštěním záznamu na obou stanovištích najednou. Jakmile dosáhla hodnota teploty 60°C na obou z měřicích stanovištích, krycí deska se vrátila do původní polohy a zastavilo se měření. Obě stanoviště podporovala ukládání do tabulky, což zjednodušovalo zpracování výsledků. Měření se provedlo třikrát, po každém měření se čekalo, až se hodnota obou čidel ustálí na stejné hodnotě. S ohledem na toleranci měření obou čidel se hodnota ustálení lišila o maximálně 1°C, což se uznalo jako ustálená hodnota a začalo se s měřením novým.

Výsledky měření

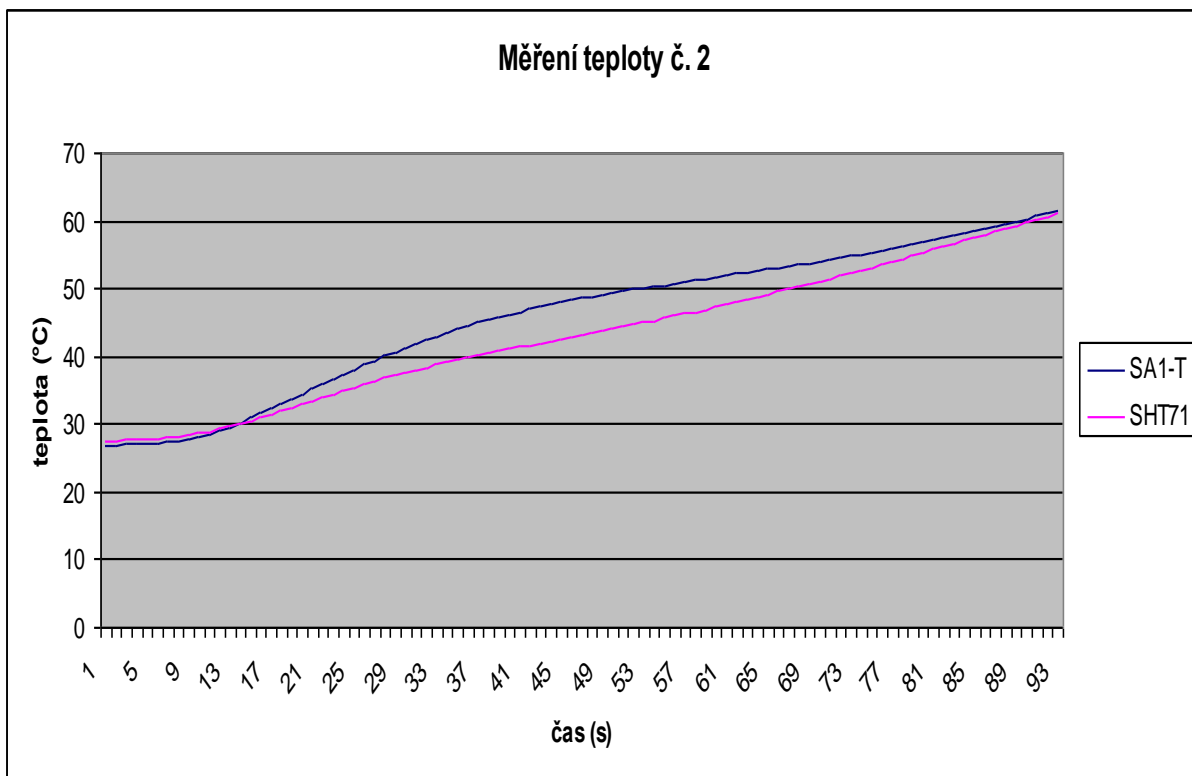
V příloze v tabulce A jsou uvedena jednotlivá měření. Výsledky byly statisticky zpracovány. Pro zhodnocení odchylky měření byla použita metoda pomocí F-testu. Tento test porovnává rozdíly dvou rozptylů. Kvůli odchylkám obou použitých čidel nelze minimalizovat obě chyby, protože jsou na sobě závislé. Bylo nutno zvolit hladinu významnosti označovanou řeckým písmenem α , tím byla zvolena odchylka čidel. Z obou katalogových listů byla zjištěna odchylka obou čidel, vzhledem k menší odchylce u čidla SHT71, byla zvolena hladina významnosti podle tohoto čidla. Hodnota byla stanovena na $\alpha=0,025$. V tabulce č.5 jsou uvedena vypočtená statistická data.

	F-test	kritické hodnoty	hladina významnosti α	průměr rozdílů hodnot
měření 1	0,58	1,422	0,025	2,37
měření 2	0,566	1,505	0,025	2,73
měření 3	0,11	1,53	0,025	2,99

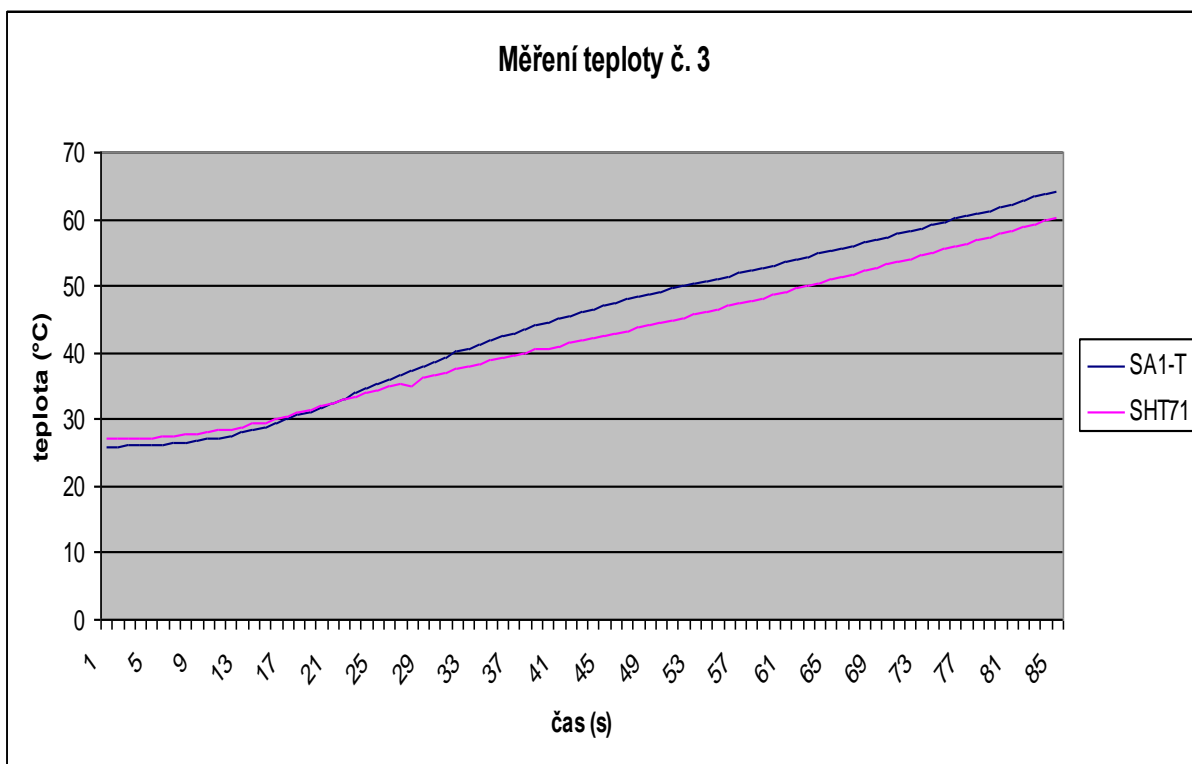
Tabulka 5 statistické výpočty



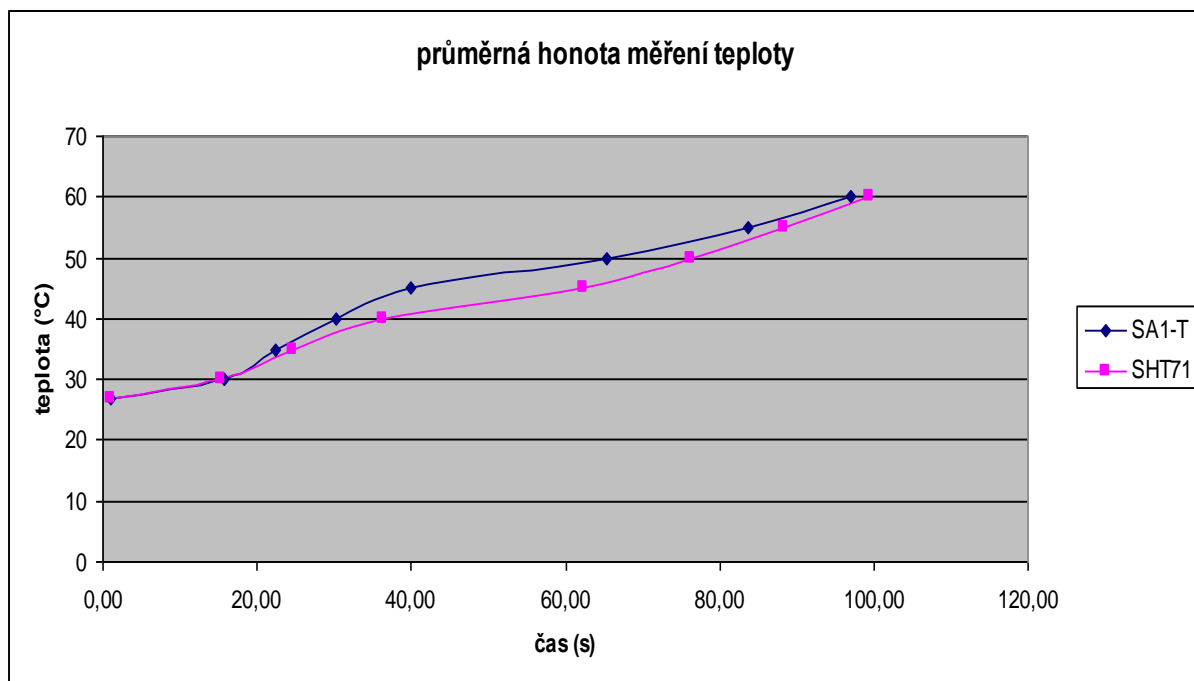
graf 1 měření 1



graf 2 měření 2



graf 3 měření 3



graf 4 průměrné hodnoty z měření

Z tabulky č. 5 se porovnaly výsledky statistických hodnot. Porovnání výsledků F-testu a kritických hodnot bylo zjištěno, že vypočítané hodnoty F-testu jsou mnohem menší, než hodnoty kritické na zvolené hladině významnosti $\alpha=0,025$. Statisticky lze říci, že rozdíly hodnot měření u obou čidel jsou nevýznamné, tzn. že měření obou čidel jsou přesná s ohledem na toleranci měření obou čidel.

4.5 Návrh elektroniky do hasičské bundy

Tato elektronika byla zkonstruována pro zobrazování aktuální teploty a vlhkosti uvnitř oděvu. Součástí je i indikace přehřátí organismu nositele.

4.5.1 Hasičská bunda



Obrázek 18 hasičská bunda zadní pohled

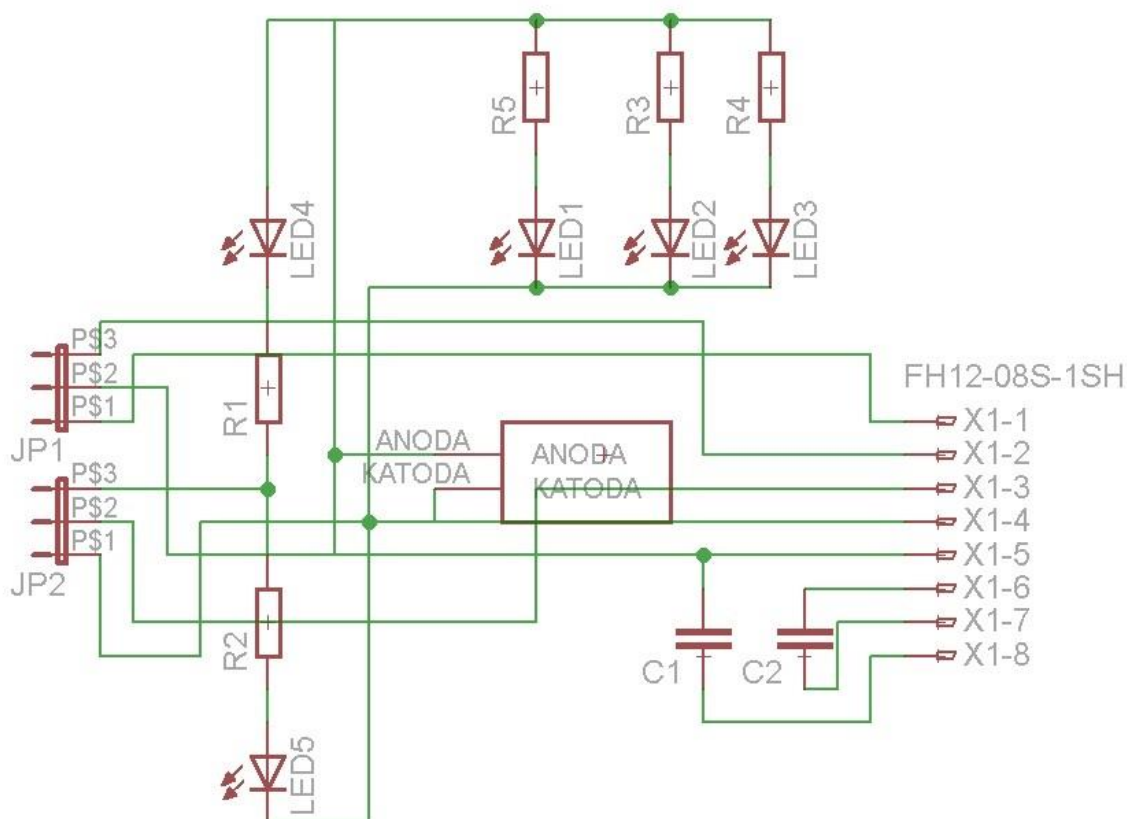
Obrázek 19 hasičská bunda přední pohled

Tato hasičská bunda je určena jako pracovní a nese označení PSII. Je určena jako stejnokroj pro všechny hasičské sbory v České republice. Materiál je 100% bavlna. Vazba tkaniny je atlasová, plošná hmotnost 265g/m. Oděv je opatřen hydrofobní a olejofobní úpravou, kde výrobce garantuje 30 cyklů vyprání. [27]

Bunda je v přední části zapínaná na zdrhovadlo, které je kryto krycí légou. Na předních dílech jsou umístěny dvě nakládané kapsy se zapínáním na suchý zip. V horní části jsou umístěny reflexní proužky. Na levém předním díle je umístěn suchý zip na jmenovku, na druhém předním díle je umístěn suchý zip na hodnost. Zadní díl je v celku. V horní části je umístěn nápis hasiči. Rukávy jsou v dolním kraji zapraveny gumovou manžetou. Na rukávech je léga se suchým zipem, k nastavení obvodu ruky. Dolní okraj bundy je zapraven gumovou légou. Průkrčník je zapraven límcem.

4.5.2 Zobrazovací zařízení na rukávu

Toto zařízení umožňuje zobrazovat aktuální teplotu a vlhkost pomocí LCD displeje. Nedílnou součástí zobrazovacího zařízení jsou i dvě LED diody, které signalizují buď bezpečný stav nebo stav, kdy dochází k přehřívání organismu nositele. Schéma zapojení tohoto modulu je zobrazeno na obr. 20



Obrázek 20 schéma zapojení displeje

Zapojení se skládá z několika částí. LCD displej, který je připojen pomocí konektoru FFC. Nedílnou součástí displeje je jeho podsvícení, protože tento druh zobrazovacího zařízení neemituje vlastní světlo, proto jsou zobrazovací segmenty podsvíceny světlovodem. Diody LED1, LED2 a LED3 zajišťují generování světla do světlovodu. Kvůli kontrastu s displejem byla zvolena zelená barva podsvícení. Diody jsou zapojeny paralelně. Vzhledem k tomu, že napájecí napětí je 3,3V, musí být k diodám připojen do série rezistor. Hodnotu rezistoru spočítáme podle vzorce viz. vzorec č. 2. Tato hodnota se samozřejmě nevyrábí, proto se zvolí nejbližší hodnota a to 82Ω. LED4 a LED5 jsou určeny jako indikátor stavu nositele. Jsou zapojeny v sérii, mezi nimiž jsou dva rezistory, aby nedocházelo k samovolnému rozsvícení.

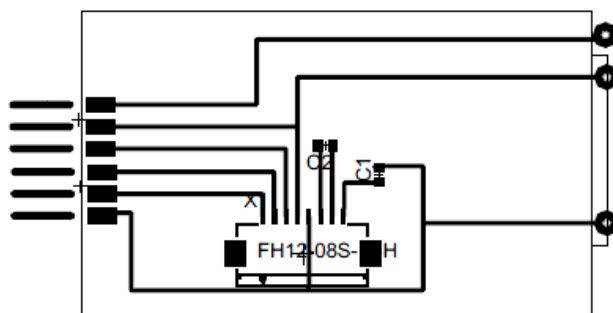
Hodnotu rezistorů spočítáme obdobně podle vzorce viz. vzorec č. 3. Jako v předchozím případě i zde se tato hodnota nevyrábí, pro se zvolí hodnota nejbližší a to 68Ω . Celé zařízení je propojeno pomocí šesti vodičů.

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1,7}{0,02} = 85\Omega \quad (2)$$

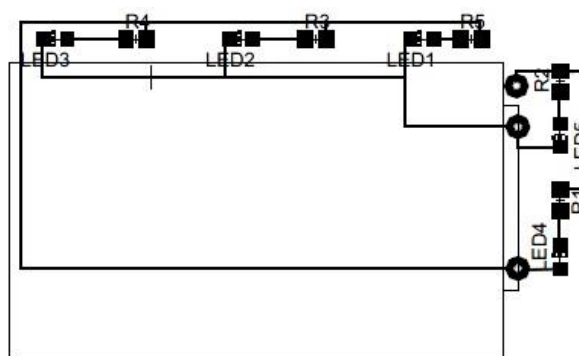
$$R = \frac{U}{I} = \frac{1,3}{0,002} = 65\Omega \quad (3)$$

Princip činnosti

Tento displej je alfanumerický a umožňuje zobrazovat dva řádky po osmi segmentech. Další částí, které je schopen displej zobrazit je sada symbolů, které jsou pevně nadefinovány a zobrazují se v horní části. Displej funguje na komunikačním rozhraní I2C. Toto rozhraní je vyvinuto firmou Philips a zajišťuje komunikaci po dvou vodičích - hodiny(SCK) a data(DATA). Na toto rozhraní lze připojit více zařízení najednou, které se softwarově nastaví na master a slave. Hodiny zahajují nebo ukončují komunikaci zařízení. Displej je tedy připojen k řídící jednotce pomocí této sběrnice. Do mikroprocesoru vede ještě jeden vodič nazývaný reset. Po této lince je posílána TTL logika. Když je vyslána logická 1, displej se zapne a naopak. Protože napájecí napětí je pouze 3,3V, nedokáže displej na tomto napětí fungovat, proto je interně zabudován DC/DC měnič. Externě se k němu připojují dva kondenzátory, které zajišťují zvýšení napětí na 4,5V. Řízení LED diod pro signalizaci stavu nositele je též zajištěno pomocí TTL logiky. Když je na pin přivedena logická 0 svítí zelená LED dioda, pokud je přivedena logická 1, zhasne zelená a rozsvítí se červená LED dioda.[28]



Obrázek 21DPS displeje spodní



Obrázek 22 DPS displeje horní část

Kvůli miniaturizaci velikosti desky a složitosti zapojení byla zvolena technologie oboustranné desky plošného spoje. Na obrázku č. 21 je zobrazen návrh ze spodní strany. Na obrázku č. 22 je zobrazen návrh z horní strany. Propojení mezi vrchní a spodní stranou je zajištěno pomocí tří propojek, po kterých je vedeno napájecí napětí a signál na řízení signalizačních LED diod.

Spodní strana obsahuje konektor pro připojení flexi pásku od displeje. Tento konektor má označení FFC, v provedení pouzdra SMD. Maximální proudová zátěž je 1A. Konektor je 8pinový, kde piny jsou označeny v tabulce č.28. Nedílnou součástí jsou dvě pájecí plošky, které zajišťují mechanickou odolnost. Externí kondenzátory umožňující zvýšení napájecího napětí, byly vybrány tantalové. Výrobce doporučuje hodnotu v rozsahu 0,1-4,7 μ F. Po zhodnocení všech aspektů byla vybrána hodnota 1 μ F. Součástky jsou opět vybrány v provedení SMD. Kolíková lišta, která umožňuje připojení k vodičům obsahuje šest pinů, které mají rozteč 2mm. Montáž lišty je v provedení THT. [28] [29]

Horní strana obsahuje světlovod, který nese označení LE-BO1602BYEA4. Tento produkt má sice vestavěné tři LED diody pro osvětlení plochy, ale kvůli zapojením do série při napájecím napětím 3,3V, by tyto LED diody nesvítily, proto byly v konečném výrobku odstraněny. Světlovod je vyroben z plastu, které dobře rozptyluje světlo. Ze spodní části je opatřen neprůhlednou bílou samolepkou. K osvětlení slouží tři LED diody, které osvětlují plochu z boční strany. LED diody byly vybrány v provedení SMD, ale výsledná montáž na DPS byla provedena horizontálně. Rezistory na horní straně byly vybrány taktéž v provedení SMD. Výběr byl proveden z výrobní řady E24, kde jejich tolerance dosahuje $\pm 5\%$.

číslo pinu	symbol	význam
1	RST	reset
2	SCL	hodiny
3	SDA	data
4	VSS	GND
5	VDD	napájecí napětí
6	CAP+	externí kondenzátor
7	CAP-	externí kondenzátor
8	VOUT	externí kondenzátor

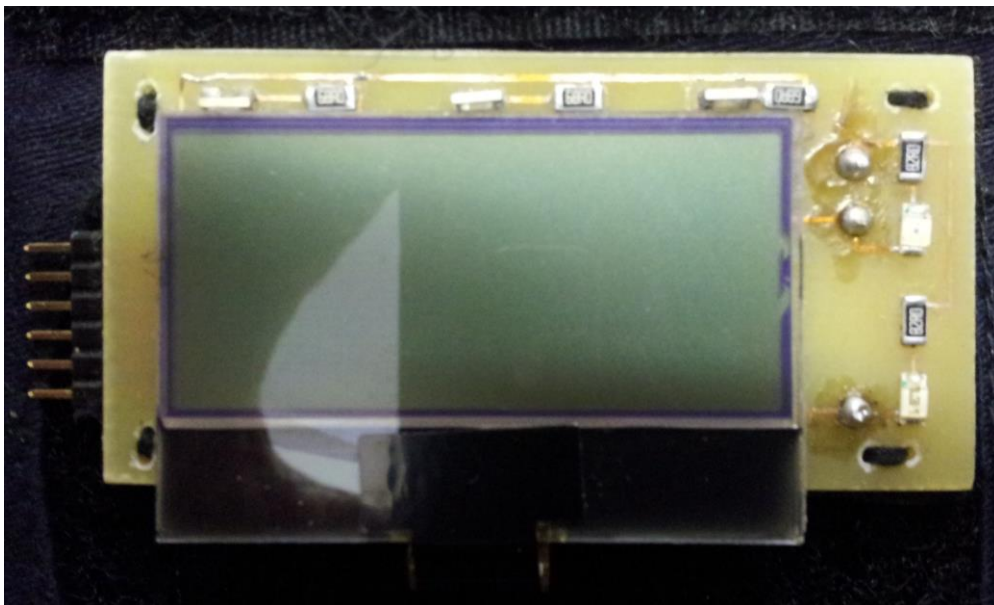
Tabulka 6 označení pinů displeje převzato z [28]

V tabulce č. 7 jsou popsány barvy vodičů, které odpovídají k příslušným pinům.

číslo pinu	barva	význam
1	modrá	data led
2	zelená	GND
3	žlutá	data
4	oranžová	hodiny
5	červená	reset
6	šedá	napájecí napětí

Tabulka 7 označení vodičů

Zhotovený zobrazovací modul



Obrázek 23 vyhotovený zobrazovací modul

K tomuto modulu byl ze zadní strany pro možnost připevnění k oděvu přilepen a přišit suchý zip. Do DPS byly v rozích vyvrtány vždy dvě díry. Pomocí těchto děr bylo možno přišít suchý zip k desce a tím vytvořit pevný spoj.”

Zabudování do rukávu

Zobrazovací zařízení bylo umístěno na vnitřní stranu levého rukávu v oblasti předloktí. Zabudování se skládalo ze dvou částí a to připevnění desky k oděvu a zhotovení krycí textilie, která zvyšovala ochranu proti vnějšímu prostředí.

První část se týkala připevnění desky k rukávu. To bylo zajištěno prostřížením obdélníkového tvaru do rukávu. Do vzniklého otvoru se z vnitřní strany vložil suchý zip. Ze tří stran byl přišit k rukávu pomocí vázaného stehu 301. Poslední strana zůstala volná pro možnost připojení vodičů k desce.

Druhá část se týká krycí textilie nad displejem. Hlavní funkcí je ochrana samotného displeje a zbylých součástek, které jsou na vrchní straně desky. Protože je zařízení zhotoveno

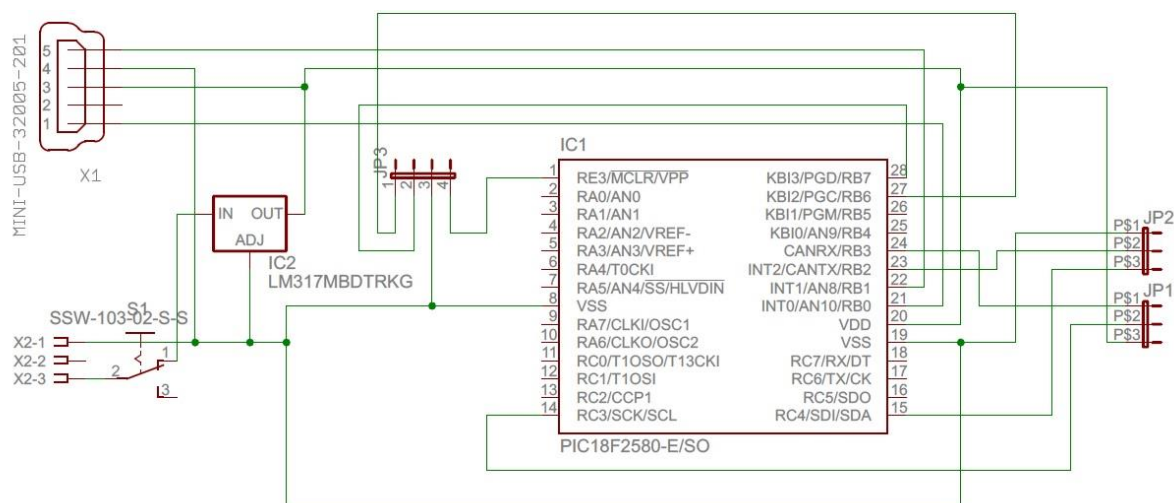
pro hasiče, kde v okolí jejich zásahu je zvýšená teplota a množství prachu, musí být tyto součástky chráněny, protože nevydrží příliš vysokou teplotu. Samotná textilie je připevněna k oděvu pomocí suchého zipu a u oblasti zobrazovacích LED diod je přišita vázaným stehem k oděvu. Hlavní funkční vlastností je možnost rozebrání. V krycí tkanině jsou zhotoveny tři otvory. První obklopuje pouze zobrazovací část displeje, zbylé dva otvory jsou okolo signalizačních LED diod. Všechny otvory jsou kvůli třepivosti textilie obšity dokola.



Obrázek 24 zabudování zobrazovacího modulu do rukávu

4.5.3 Řídicí elektronika

Tento modul je umístěn v levé nakládané kapse. Řídicí elektronika je umístěna v krabičce pro její větší ochranu. K modulu je dále připojeno čidlo pro snímání teploty a vlhkosti, zobrazovací zařízení a baterie, která napájí veškerou elektroniku v oděvu. Na obrázku č. 25 je zobrazeno schéma zapojení řídicího modulu.



Obrázek 25 schéma zapojení řídicího modulu

Toto schéma se skládá z několika částí. Hlavní částí je mikroprocesor PIC18F2580. Do tohoto mikroprocesoru byl nahrán program, který obsluhuje veškeré komponenty celého zařízení. Další velmi důležitou součástí je stabilizátor napětí, protože napětí baterie je 3,7V ale celé zařízení je dimenzováno na napětí 3,3V. Mezi poslední části patří konektory pro připojení externích prvků celého zařízení. Jeden konektor byl použit pro připojení čidla SHT71, druhý pro připojení baterie a třetí pro připojení zobrazovacího modulu. Ve schématu je uveden ještě jeden konektor, který je použit pro naprogramování mikroprocesoru. [30]

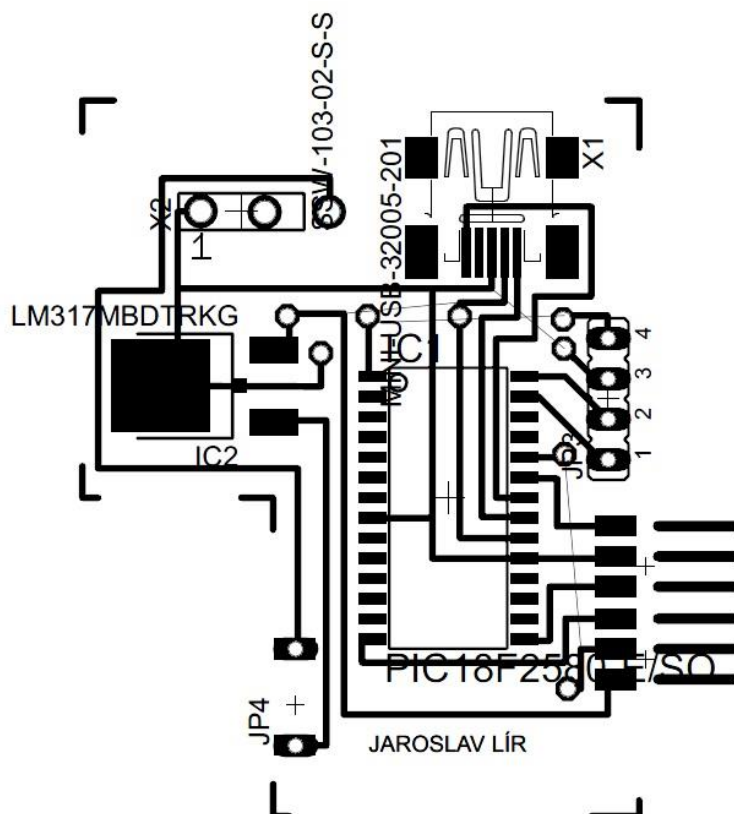
Mikroprocesor PIC18F2580 je vyráběn firmou Microchip technology. Tato firma vyrábí různé řady, které jsou odstupňovány jejich výkonem, velikostí paměti a možností připojení různých sběrnic, které daný typ podporuje. Označování je zahájeno názvem PIC, číslem řady. např. 12F, 16F, 18F, 32F. Mikroprocesor, který byl vybrán je z řady 18. Tato řada bohatě dostačuje na provoz celé aplikace a zajišťuje vysoký výkon za příznivou cenu. Důvodem výběru tohoto typu je také podpora rozhraní I2C, po kterém komunikuje displej. Díky systému run lze ušetřit spotřebu elektrické energie až o 90%. Tento mikroprocesor má vestavěný generátor, který je nastaven na 32KHz, 8MHz, což zjednodušuje složitost schématu

zapojení a snížení spotřeby externích součástek. Rozhraní, které tento mikroprocesor podporuje jsou následující: MSSP (SPI/I2C), LIN, ECAN, A/E/USART. Počet vstupů/výstupů tohoto mikroprocesoru je 25, které se dělí na tři skupiny a to RA, RB a RC. V tabulce č. 8 jsou udány základní technické parametry. [30]

kapacita paměti EEPROM	256B
kapacita paměti SRAM	1536B
max. kmitočet	40MHz
počet čítačů 8-bit	1
počet čítačů 16-bit	3
druh architektury	harvard 8-bit
paměť programu	32KB
pracovní napětí	2-5,5V

Tabulka 8 technické parametry mikroprocesoru pic [30]

Přes konektor miniUSB je připojeno čidlo SHT71. U tohoto konektoru se využily čtyři piny. Dva piny jsou napájecí, zbylé dva jsou využity pro komunikaci. První nazývaný hodiny je připojen k mikroprocesoru na pin 21 nazývaný RB0. Druhý vodič pro data je připojen na pin 22 nazývaný RB0. Oba dva piny jsou digitální, na kterých je nadefinována TTL logika. Pomocí programovacího konektoru lze nahrát program. K naprogramování je zapotřebí čtyřech vodičů, které jsou připojeny k programátoru. Využití pinů je následující: MCLR, Vss ground, PGD a PGC. Dalším konektorem, který vede do desky je napájení. Napětí vede nejprve přes centrální vypínač, který vypíná a zapíná napájení v celém zařízení, potom pokračuje na stabilizátor napětí. Tento stabilizátor napětí je pevný, to znamená že výstupní napětí je konstantní a nelze ho nastavit. V poslední řadě jde o zapojení konektoru, který vede ze zobrazovacího modulu. Reset je k mikroprocesoru připojen na pin 23 nazývaný RB2. Signál na ovládání LED diod o stavu nositele byl přiveden na pin 24 nazývaný RB3. Jak pin 23 tak 24 jsou nastaveny na TTL logiku. Poslední datové vodiče, které jsou připojeny, jsou hodiny a data. Katalogový list doporučuje zapojit tyto vodiče na piny 14 a 15, které jsou nazývány RC3 a RC4. Na těchto pinech je nadefinované rozhraní I2C. [30]

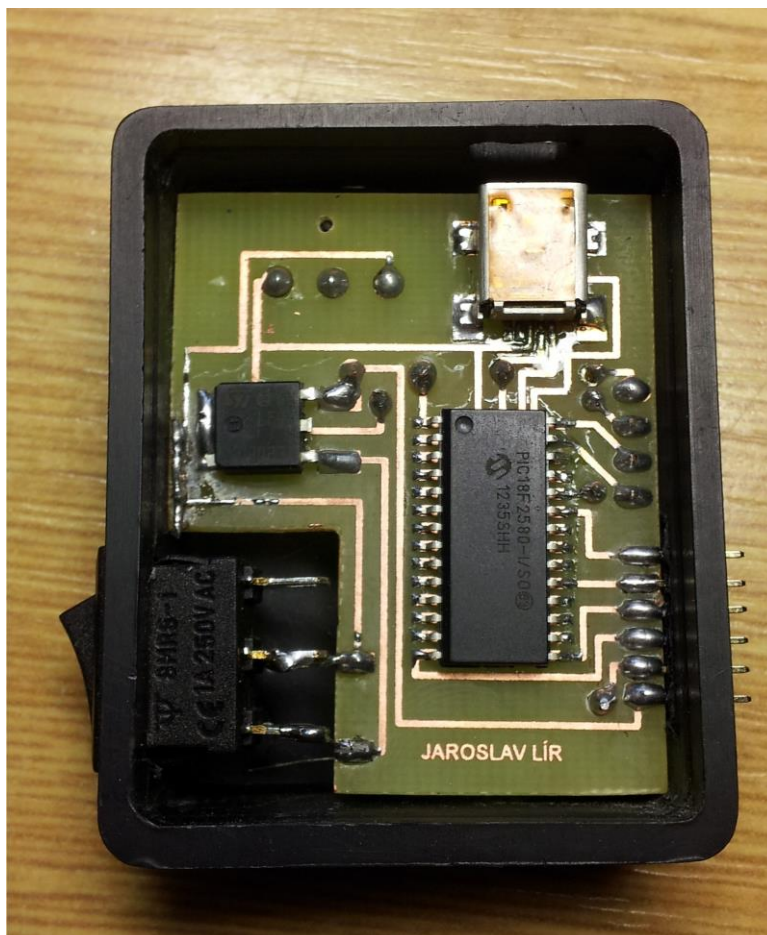


Obrázek 26 návrh DPS řídicí jednotky

Na obrázku č. 26 je vyobrazen návrh plošného spoje řídicí elektroniky. Deska plošného spoje byla vybrána jednostranná s tloušťkou mědi 17 μ m. Tvar desky byl vyhotoven podle velikosti použité krabičky. Kvůli malému počtu elektronických součástek a tím možnosti protažení cest mezi nimi, bylo využito čtyř propojovacích drátů, které vedou po druhé straně desky. Veškeré součástky, s výjimkou programovacího konektoru, byly zvoleny v pouzdru SMD kvůli miniaturizaci celého zařízení. Napájecí konektor byl vybrán DC/DC kolíkový s vnitřním průměrem kolíku 2mm pro montáž do plošného spoje. Tento konektor je hojně používán jako napájecí konektor stejnosměrného napětí, proto byl použit kvůli jeho možnosti použití s jiným zařízením. Konektor miniUSB byl vybrán vůči jeho malým rozměrům. Tento konektor zabraňuje jinou možnost připojení, než je vytvarovaná zdířka. Konektor je připevněn k desce plošného spoje pomocí čtyř pájecích plošek, to zajišťuje velkou mechanickou odolnost vůči připojování a odpojování konektoru. Stabilizátor napětí byl vybrán typ LF33CDT. Tento stabilizátor napětí byl vybrán kvůli jeho potřebě malého rozdílu napětí mezi vstupem a výstupem. Toto napětí má hodnotu 0,4V. Maximální proudové zatížení činí 1A, což bohatě dostačuje pro napájení celého zařízení. Pro připojení programátoru a

zobrazovacího zařízení byly vybrány kolíkové lišty. K zobrazovacímu zařízení byly použity kolíkové lišty s roztečí pinu 2mm, programovací konektor má rozteč pinu 2,54mm. [31]

Zhotovená řídící elektronika



Obrázek 27 vyhotovený řídící modul

Krabička byla vybrána tak, aby byla co nejmenší a vešly se do ní všechny komponenty. Velikost krabičky je $x=50\text{mm}$, $y=40\text{mm}$ a $z=20\text{mm}$. Do krabičky byla zhotovena díra pro kolébkový přepínač. Ten soužší k možnosti vypnutí napájecího napětí do celého zařízení. Důvodem vybrání tohoto typu přepínače byla možnost zařízení zapnout a vypnout aniž by muselo být vyndáno z oděvu. Do krabičky byly dále zhotoveny tři otvory pro možnost připojení čidla pro měření teploty a vlhkosti, zobrazovacího zařízení a napájecího konektoru.

4.6 Zabudování čidla do oděvu



Obrázek 28 zabudování čidla

Čidlo pro měření teploty a vlhkosti bylo umístěno na vnitřní straně levého předního dílu bundy, v oblasti prsou. Pro možnost praní bylo čidlo přišito k suchému zipu. Suchý zip na straně bundy byl přišit vázaným stehem 301. Čidlo s vodícími a konektorem lze celé z oděvu vyndat.

4.7 Použité vodiče

Nejlepší variantou pro propojení jednotlivých součástí zařízení je pomocí páskového vodiče. Tento typ byl vybrán kvůli jeho mechanické odolnosti a kompaktnosti. Toto řešení je levné a dostatečně dimenzované na proudové zatížení. Pro připojení řídicí jednotky a zobrazovací jednotky bylo použito vedení se šesti žilami. Pro připojení baterie k řídicí jednotce bylo použito dvouvodičové vedení. Pro připojení čidla bylo použito čtyř žil. Pásek, který byl vybrán má obchodní označení 3M-3302/09. Obal je vyroben z PVC, jádro je vyrobeno z pocínované mědi. Jmenovité napětí je stanoveno na 49V. Odolnost vodičů vůči okolní teplotě se pohybuje v rozmezí od -20°C do $+105^{\circ}\text{C}$. Pásek lze jednotlivě dělit na jednotlivé žíly. [32]

Zpracování vodičů do oděvu.

Jediné kabely, které byly napevno zabudovány do oděvu jsou mezi zobrazovací jednotkou a řídicí jednotkou. Vodič je veden po rukávovém švu přes dolní část průramku až do první třetiny bočního švu. Od této části je volně veden do připravené knoflíkové dírky, která je ze zadní strany nakládáné kapsy. Dírka je dostatečně velká aby bylo možno protáhnout konektory. Vodič je prostrčen dovnitř a připraven k montáži konektoru. Pomocí šikmého proužku je páskový vodič připevněn ke švu. Proužek byl z jedné strany předšit, pak se zahrnul a byla přišita druhá strana, čímž vznikl jakýsi tunel, kterým mohl být páskový vodič prostrčen. K oběma šitím byl použit vázaný steh 301. Na závěr byly oba konce vodičů opatřeny konektory. Typ konektoru byl zvolen samice, rozteč mezi jednotlivými piny je 2mm. Vyhotovenou knoflíkovou dírkou, kterým vedou vodiče od zobrazovací jednotky, jsou protaženy i vodiče vedoucí k čidlu.



Obrázek 29 konektor s vodiči

4.8 Napájecí zdroj

Jako napájecí zdroj celého zařízení byla použita lithiová baterie. Vzhledem k možnosti výběru z dnešních nabídek výrobců byla nakonec vybrána baterie z tabletu. Tato baterie má obrovskou výhodu velké kapacity a malé rozměry. Baterie byla původně složena ze dvou částí, ale pro potřeby této aplikace byla zvolena pouze polovina. V tabulce č. 9 jsou popsány základní technické parametry. Umístění baterie bylo zvoleno do levé nakládací kapsy. K výstupním vývodům z baterie byly připájeny dva vodiče. Na jejich konci byl přidělán konektor, aby bylo možno jej připojit do řídicí jednotky a nabíječky. Konektor byl vybrán typ napájení DC/DC, druh konektoru samec. Vnitřní průměr kontaktu byl vybrán 2mm. Na obrázku č. 30 je vyobrazena použitá baterie.

jmenovitá kapacita	3500mAh
jmenovité napětí	3,7V
nabíjecí napětí	4,2V
nabíjecí proud	0,5A
vybíjecí proud	0,2A
rozměry(x,y,z)	80/115/3
hmotnost	5g

Tabulka 9 technické parametry baterie



Obrázek 30 baterie

4.9 Nabíjecí adaptér

Jako nabíjecí adaptér byl použit modul pro nabíjení tabletů od firmy Samsung. Adaptér se skládá ze zdroje a kabelu, který je ke zdroji připojen pomocí USB typ A. Výstupní napětí z adaptéru je 5V a maximální výstupní proud 2A. Protože konektor na konci kabelu neodpovídal konektoru na baterii, byl předělán na požadovaný typ. Na obrázku č. 31 je adaptér zobrazen.



Obrázek 31 nabíječka

4.10 Celkové vypracování elektroniky v oděvu



Obrázek 32 celkové vypracování elektroniky. Pohled zvenku



Obrázek 33 celkové vypracování elektroniky. Pohled zevnitř

5 Ekonomické zhodnocení

Část zařízení na měření teploty a vlhkosti včetně displeje by bylo možné zakoupit a poté jen zakomponovat do hasičské bundy. Ovšem to by byla věc velice nákladná. Vlastní výroba DPS a celého měřicího systému umožnila výrazně snížit náklady. Ty by mohly být také daleko nižší při výrobě většího počtu kusů. Dalo by se ušetřit na jednotlivých komponentách důsledkem nákupu většího množství součástek. V cenách některých součástek je započteno i poštovné a balné, které si některé firmy účtovaly, což by při odběru více počtu kusů, také významně snížilo cenovou rozvahu celého Smart oděvu. Nejspíše by se jednalo o snížení ceny na výrobu v řádu několika desítek možná i stovek Kč, což by bylo podstatné při výrobě většího počtu kusů. Možná by se mohlo ušetřit na čidlech, ale byly vybrány tyto kvůli přesnosti a spolehlivosti, tudíž jejich cena byla větší.

položka	počet	cena (Kč)
čidlo SHT71	2	1698
Displej BO-1602	1	303
podsvícení LE-BO1602BYEA4	1	303
mikroprocesor Atmega8	1	120
mikroprocesor PIC18F2580	1	205
hasičská bunda	1	698
ostatní elektronické součástky	x	265
ostatní spojovací součástky	x	243
materiál na výrobu a výroba DPS	x	269
	celkem	4104

Tabulka 10 ekonomické zhodnocení

6 Zhodnocení technického aspektu aplikace

Celé zařízení bylo navrhováno ze součástek, které jsou běžně dostupné. Bylo by možné použít i jiné komponenty, ovšem cena by se zvyšovala a možnost sehnání určitých komponent by se snižovala. Klasické elektronické součástky jsou dimenzovány na vyšší teplotu, většinou je tato hranice stanovena okolo 100°C. Vodiče, krabička a konektory tuto teplotu vydrží, jediný problém nastává u LCD display, kde tyto komponenty vydrží maximální teplotu 70°C. Proto je přes display krycí tkanina, která ochrání zobrazovací zařízení před přímým teplem. Bylo by možné aplikaci rozšířit o umístění žáruvzdorného skla do vystřiženého okénka, tím by se odolnost ještě o něco zvýšila. Tato aplikace je z mechanického hlediska velmi odolná. Vodiče byly vybrány takové, které vydrží opakované namáhání jak v ohybu, tak v tahu. Řídící elektronika je chráněna krabičkou, což také zvyšuje mechanickou i tepelnou odolnost. Zařízení bylo navrhováno tak, aby bylo lehce rozebíratelné a tím byla zajištěna možnost oděv vyprat. Konektory jsou typově navrhovány tak, aby nebylo možné je mezi sebou prohodit. U konektorů je zajištěno správné připojení k jednotce, nelze je otočit a tím změnit polaritu v konektoru. Pouze jeden konektor lze otočit a to připojení zobrazovací jednotky. Na konektoru je naznačen způsob zapojení. Z hlediska elektronické složitosti byly obvody navrhovány tak, aby bylo použito co nejméně externích součástek. Výhodou vybráním právě tohoto typu mikroprocesoru je taková, že je možno celé zařízení dále rozšiřovat. Zůstalo mnoho volných vstupů/výstupů, takže po úpravě desky řídicí elektroniky je možné připojit další elektronická čidla např. čidla pro měření kouře či jedovatých látek v ovzduší, měření pulzu, krevního tlaku či pravidelnosti dýchání. Displej má předdefinované určité znaky, proto aby další vývoj mohl být zaměřen právě k těmto znakům. Bylo by možno například zobrazovat stav baterie.

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit a vyrobit elektroniku do oděvů pro ochranu před zvýšenou teplotou.

Nejprve bylo důležité odzkoušet čidlo pro měření teploty a vlhkosti za zvýšené teploty. Měření bylo provedeno pomocí dvou různých čidel, aby se naměřené hodnoty daly porovnat a statisticky zpracovat. Byla provedena tři měření při stejných podmínkách. Ze statistických výsledků bylo zřejmé, že hodnoty čidel se výrazně nemění, tím pádem bylo čidlo uznáno jako vhodný prvek pro aplikaci do oděvu.

Vytvořená elektronika byla zhotovena z klasických elektronických součástek. Zařízení se skládá z řídicí elektroniky, zobrazovacího modulu, čidla pro měření teploty a vlhkosti, baterie a vodičů, které spojují jednotlivé bloky. Zobrazovací modul byl umístěn na vnitřní stranu levého rukávu v oblasti předloktí. Řídicí elektronika a baterie byly umístěny do levé nakládané kapsy, která je umístěna v oblasti prsou. Čidlo pro měření teploty a vlhkosti bylo umístěno zevnitř na levý přední díl bundy. Veškeré součásti byly implementovány do bundy. Tato elektronika má jako hlavní cíl měřit teplotu uvnitř oděvu a hlídat přehřátí organismu nositele. K tomuto účelu jsou v zobrazovacím zařízení použity dvě LED diody, který zobrazují aktuální stav. Pokud svítí zelená LED dioda, vše je v pořádku, pokud se ovšem rozsvítí červená LED dioda, dochází k přehřívání organismu. Zobrazovací modul obsahuje LCD displej, na kterém jsou zobrazovány hodnoty teploty a vlhkosti. Veškerá elektronika byla sestavena a odzkoušena. Při odzkoušení se nevyskytly problémy. Z výpočtu kapacity baterie a celkového odběru celého zařízení bylo zjištěno, že zařízení lze provozovat několik dní bez opětovného nabití baterie.

Z hlediska ekonomického zhodnocení vyšla výroba celého zařízení na malou částku. Jeden z aspektů nízkých nákladů byla vlastní výroba plošných spojů. Při hromadné výrobě by se samozřejmě náklady o dost snížili.

Celá aplikace elektroniky byla konstruovaná pro možnost dalšího vývoje. Bylo by dobré, k tomuto zařízení použít další čidlo pro měření teploty, které by bylo umístěno vně oděvu. Dalšími doplňkovými čidly by mohly být použity čidla na detekci kouře. Tato bakalářská práce by mohla být základem pro další výzkum a využití pro diplomovou práci.

Použitá literatura

- [1]. inteligentní textilie [ONLINE]. [citováno 2014-4-18] Dostupné z http://www.ft.tul.cz/depart/ktm/files/inteligentni_textilie.pdf
- [2]. Smart clothing [ONLINE]. [citováno 2014-4-18] Dostupné z <http://ldt.stanford.edu/~jeepark/jeepark+portfolio/cs147hw8jeepark.html>
- [3]. senzory [ONLINE]. [citováno 2014-4-25] Dostupné z http://amper.ped.muni.cz/jenik/nejistoty/html_tree/node16.html
- [4]. Jayaraman, Sundaresan, Kiekens, Paul, Grancaric, Ana Maria. Intelligent Textiles for Personal Protection and Safety. ISBN 1-58603-559-1
- [5]. Snímače teploty [ONLINE]. [citováno 2014-4-29] Dostupné z <http://skriptum.wz.cz/autom/teplota.htm>
- [6]. Měření teploty-kovové odporové senzory teploty [ONLINE]. [citováno 2014-5-2] Dostupné z <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/mereni-teploty-kovove-odporove-senzory-teploty.html>
- [7]. Platinové čidlo Pt100 [ONLINE]. [citováno 2014-5-3] Dostupné z <http://www.gme.cz/platinove-teplotni-cidlo-pt100-100r-p530-109>
- [8]. Úvod do termočlánků [ONLINE]. [citováno 2014-5-5] Dostupné z <http://www.omegaeng.cz/prodinfo/thermocouples.html>
- [9]. čidlo SA1-XI [ONLINE]. [citováno 2014-5-5] Dostupné z http://www.omega.com/Temperature/images/sa1xl_m.jpg
- [10]. Vlhkost vzduchu a její měření [citováno 2014-5-7] Dostupné z <http://www.tzb-info.cz/3137-vlhkost-vzduchu-a-jeji-mereni>
- [11]. Ing. Maršálková Miroslava, Ph.D., Ing. Tunák Maroš, Ph.D., 7th Textile science 2010- Book of Selected Lectures. ISBN 978-80-7372-635-5
- [12]. Technologie konstrukce Smart oděvů [citováno 2014-5-8] Dostupné z http://www.kmi.tul.cz/studijni_materialy/data/2014-01-13/10-10-12.pdf
- [13]. ph
- [14]. Oxid uhelnatý [citováno 2014-5-8] Dostupné z http://www.irz.cz/repository/latky/oxid_uhelnaty.pdf
- [15]. Nová metoda měření oxidu uhelnatého citováno 2014-5-9] Dostupné z http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=38612

- [16]. snímače a měniče [citováno 2014-5-8] Dostupné z
http://www.tme.eu/cz/katalog/?idp=1&search=co&cleanParameters=1#search=co&s_field=accuracy&s_order=DESC&id_category=100249&page=1
- [17]. Vodivá lanka a vodivé pásy [citováno 2014-5-9] Dostupné z
<http://www.agrotrans.cz/vodice-vodive-lanka-vodive-pasky.aspx>
- [18]. Kay-ullrich, The institute for Specials textiles and Flexible materiále [pdf dokument]
- [19]. Laboratorní přístroje a postupy [pdf dokument] citovaný z
http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2012_05_380-383.pdf
- [20]. polymery [citováno 2014-5-9] Dostupné z
<http://www.katedry.osu.cz/kch/zch/souch/polymery.ppt>
- [21]. zpracovatelské a užité vlastnosti šicích nití [citováno 2014-5-10] Dostupné z
http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/prednasky/OM_prednaska3_2013.pdf
- [22]. šicí nit [citováno 2014-5-10] Dostupné z
<https://www.sparkfun.com/products/retired/8544>
- [23]. datasheet nit [citováno 2013-11-15] Dostupné z
http://www.sensirion.com/fileadmin/user_upload/customers/sensirion/Dokumente/Humidity/Sensirion_Humidity_SHT7x_Datasheet_V5.pdf
- [24]. software pro čidla měření teploty a vlhkosti [citováno 2013-12-2] Dostupné z
<http://www.dracal.com/store/products/qtenki/index.php>
- [25]. datasheet [citováno 2013-12-5] Dostupné z
http://www.tme.eu/cz/Document/17199103ed15da3f73559770be09cb5b/atmega8515_8515l.pdf
- [26]. datashiet [citováno 2013-12-2] Dostupné z
<http://www.tme.eu/cz/details/pp74g/univerzalni-krabicky/supertronic/#>
- [27]. hasičské a záchranné oděvy [citováno 2014-5-6] Dostupné z
http://www.odevydaniela.cz/?side=hasicske-odevy-detail&polozka=oblek_ps_ii.jpg
- [28]. datashiet [citováno 2014-3-27] Dostupné z
http://www.soselectronic.cz/a_info/resource/d/bolymin/BO1602D_series_VER04.pdf
- [29]. datashiet [citováno 2014-3-30] Dostupné z <http://www.tme.eu/cz/details/84953-8/konektory-ffcfpc-raster-100mm/te-connectivity/#>

- [30]. datashiet [citováno 2014-4-13 Dostupné z
http://www.tme.eu/cz/Document/297fda581c84a907d983c21776a119bd/pic18f2480_2580_4480_4580.pdf
- [31]. datashiet [citováno 2014-4-18 Dostupné z
<http://www.tme.eu/cz/details/1f33cdt/stabilizatory-napeti-neregulovane-ldo/st-microelectronics/#>
- [32]. datashiet [citováno 2014-4-23 Dostupné z
<http://www.tme.eu/cz/Document/bc09840421d199c421df3b1e5c4f57da/3302-xx.pdf>

Seznam obrázků

Obrázek 1 Smart tričko s architektonikou senzorů převzato z [2]	14
Obrázek 3 teplotní čidlo pt100 převzato z [7]	16
Obrázek 4 termočlánek převzato z[9]	17
Obrázek 5 optické vlákno převzato z[11]	19
Obrázek 6 čidlo pro měření dechu převzato z[12]	19
Obrázek 7 čidlo pro měření plynu převzato z [16].....	20
Obrázek 8 páskový vodič	21
Obrázek 9 vodivý textilní pásěk převzato z [18].....	21
Obrázek 10 vodivá nit. převzato z [22]	22
Obrázek 11 potisk vodivou drahou převzato z [18]	22
Obrázek 12 technický náčrtek SHT71 převzato z [23].....	24
Obrázek 13 schéma zapojení modulu.....	25
Obrázek 14 DPS modulu.....	27
Obrázek 15 zhotovený modul	28
Obrázek 16 ovládací program	29
Obrázek 17 měřicí stanoviště	30
Obrázek 18 hasičská bunda zadní pohled Obrázek 19 hasičská bunda přední pohled	35
Obrázek 20 schéma zapojení displeje	36
Obrázek 21 DPS displeje spodní.....	38
Obrázek 22 DPS displeje horní část	38
Obrázek 23 vyhotovený zobrazovací modul	40
Obrázek 24 zabudování zobrazovacího modulu do rukávu	41
Obrázek 25 schéma zapojení řídicího modulu	42
Obrázek 26 návrh DPS řídicí jednotky	44
Obrázek 27 vyhotovený řídicí modul.....	45
Obrázek 28 zabudování čidla	46
Obrázek 29 konektor s vodiči.....	47
Obrázek 30 baterie	48
Obrázek 31 nabíječka	49
Obrázek 32 celkové vypracování elektroniky. Pohled zvenku	50
Obrázek 33 celkové vypracování elektroniky. Pohled zevnitř.....	50

Seznam tabulek

Tabulka 1 technické parametry SHT71 převzato z [23]	24
Tabulka 2 technické parametry procesoru Atmega 8 převzato z[25].....	26
Tabulka 3 parametry čidel převzato z [23],[8]	31
Tabulka 4 parametry vrstev	31
Tabulka 5 statistické výpočty	32
Tabulka 6 označení pinů displeje převzato z [28].....	39
Tabulka 7 označení vodičů.....	39
Tabulka 8 technické parametry mikroprocesoru pic [30]	43
Tabulka 9 technické parametry baterie	48
Tabulka 10 ekonomické zhodnocení.....	51

Seznam grafů

graf 1 měření 1	32
graf 2 měření 2	33
graf 3 měření 3	33
graf 4 průměrné hodnoty z měření	34

Přílohy

Příloha A- tabulka naměřených hodnot při odzkoušení čidla pro měření teploty a vlhkosti

čas (s)	měření 1		měření 2		měření 3	
1	25,2	26,7	26,9	27,5	26	27
2	25,2	26,78	26,9	27,6	26	27,1
3	25,2	26,8	27	27,7	26,1	27,2
4	25,3	26,8	27	27,7	26,1	27,3
5	25,3	26,9	27,1	27,7	26,2	27,3
6	25,4	26,9	27,2	27,9	26,3	27,4
7	25,6	27	27,4	28	26,4	27,5
8	25,8	27,3	27,6	28,2	26,5	27,7
9	26,1	27,4	27,8	28,4	26,7	27,9
10	26,4	27,7	28,1	28,7	27	28
11	26,9	28	28,6	28,9	27,2	28,3
12	27,4	28,5	29,1	29,3	27,6	28,6
13	28	29	29,6	29,7	28	28,9
14	28,7	29,5	30,2	30,2	28,4	29,3
15	29,5	30,12	31	30,5	28,9	29,6
16	30,3	30,8	31,6	31	29,4	30
17	31,1	31,4	32,3	31,5	30	30,5
18	31,9	32,1	33	32	30,6	31
19	32,7	32,8	33,7	32,5	31,2	31,4
20	33,6	33,4	34,5	33	31,8	31,9
21	34,4	34	35,3	33,5	32,5	32,4
22	35,2	34,7	36	34	33,2	32,9
23	35,9	35,3	36,7	34,5	33,9	33,4
24	36,6	35,8	37,3	35	34,6	33,9
25	37,3	36,4	38,1	35,4	35,3	34,4
26	38	36,9	38,8	36	36	34,9
27	38,7	37,4	39,4	36,4	36,7	35,3
28	39,2	37,9	40,1	36,8	37,4	35
29	39,8	38,3	40,7	37,2	38,1	36,3
30	40,4	38,7	41,3	37,6	38,7	36,7
31	40,9	39	41,9	38	39,4	37,1
32	41,3	39,4	42,4	38,4	40,1	37,6
33	41,8	39,7	43	38,8	40,7	38
34	42,2	40	43,6	39,2	41,3	38,4
35	42,6	40,3	44,1	39,6	41,9	38,9
36	43	40,6	44,6	39,9	42,4	39,2
37	43,4	40,8	45	40,2	43	39,6
38	43,8	41	45,5	40,5	43,5	40
39	44,1	41,3	45,9	40,8	44,1	40,4
40	44,4	41,5	46,2	41,1	44,6	40,7
41	44,7	41,7	46,6	41,4	45,1	41
42	45	41,9	47	41,7	45,6	41,5
43	45,3	42	47,4	42	46,1	41,9

44	45,5	42,3	47,7	42,3	46,6	42,2		
45	45,8	42,4	48	42,6	47	42,6		
46	46	42,5	48,3	42,9	47,5	43		
47	46,2	42,7	48,6	43,2	48	43,3		
48	46,4	42,8	48,8	43,5	48,4	43,7		
49	46,6	42,9	49,1	43,8	48,8	44,1		
50	46,8	43	49,4	44	49,2	44,5		
51	46,9	43,1	49,6	44,4	49,6	44,9		
52	47,1	43,2	49,9	44,7	49,9	45,3		
53	47,2	43,2	50,1	45	50,3	45,7		
54	47,4	43,3	50,3	45,3	50,7	46,1		
55	47,5	43,4	50,5	45,7	51,1	46,5		
56	47,6	43,5	50,8	46	51,5	47		
57	47,8	43,6	51,1	46,3	51,9	47,3		
58	47,9	43,7	51,3	46,6	52,4	47,8		
59	48	43,8	51,5	46,9	52,8	48,2		
60	48,1	43,8	51,7	47,4	53,1	48,7		
61	48,1	43,9	52	47,6	53,6	49,1		
62	48,2	44	52,2	48	54	49,6		
63	48,3	44	52,5	48,4	54,4	50		
64	48,3	44	52,7	48,8	54,9	50,5		
65	48,4	44	52,9	49,2	55,3	50,9		
66	48,4	44,1	53,1	49,6	55,7	51,4		
67	48,5	44,2	53,3	50	56	51,8		
68	48,5	44,2	53,6	50,3	56,5	52,3		
69	48,6	44,2	53,8	50,7	57	52,7		
70	48,6	44,3	54	51,1	57,4	53,2		
71	48,7	44,3	54,3	51,5	57,8	53,6		
72	48,7	44,4	54,5	52	58,3	54		
73	48,7	44,4	54,8	52,3	58,7	54,6		
74	48,7	44,5	55	52,7	59,1	55		
75	48,7	44,5	55,3	53,1	59,6	55,5		
76	48,8	44,6	55,6	53,6	60,1	56		
77	48,8	44,6	55,9	54	60,5	56,4		
78	48,8	44,7	56,2	54,4	60,9	56,9		
79	48,9	44,7	56,5	54,9	61,3	57,4		
80	49	44,8	56,8	55,3	61,8	57,8		
81	49,1	44,9	57,1	55,8	62,2	58,3		
82	49,1	44,9	57,5	56,2	62,7	58,8		
83	49,2	45	57,8	56,6	63,3	59,2		
84	49,3	45,2	58,1	57,1	63,7	59,7		
85	49,3	45,4	58,5	57,5	64,2	60,2		
86	49,4	45,6	58,9	58				
87	49,6	45,8	59,3	58,4				
88	49,7	46	59,6	58,8				
89	49,8	46,3	59,9	59,3				
90	50	46,6	60,3	59,8				
91	50,2	46,9	60,8	60,2				
92	50,2	47,3	61,2	60,6				
93	50,4	47,6	61,6	61,1				
94	50,6	48						
95	50,7	48,4						

96	50,9	48,8
97	51,1	49,2
98	51,3	49,6
99	51,5	50
100	51,8	50,4
101	52	50,9
102	52,3	51,3
103	52,6	51,7
104	52,9	52,1
105	53,1	52,6
106	53,4	53
107	53,7	53,5
108	54	53,9
109	54,3	54,3
110	54,6	54,8
111	54,8	55,3
112	55,1	55,7
113	55,5	56,1
114	55,8	56,7
115	56,1	57
116	56,6	57,5
117	56,9	57,9
118	57,3	58,3
119	57,7	58,8
120	58,1	59,2
121	58,5	59,6
122	58,8	60,1
123	59,2	60,5
124	59,6	60,9
125	60	61,4